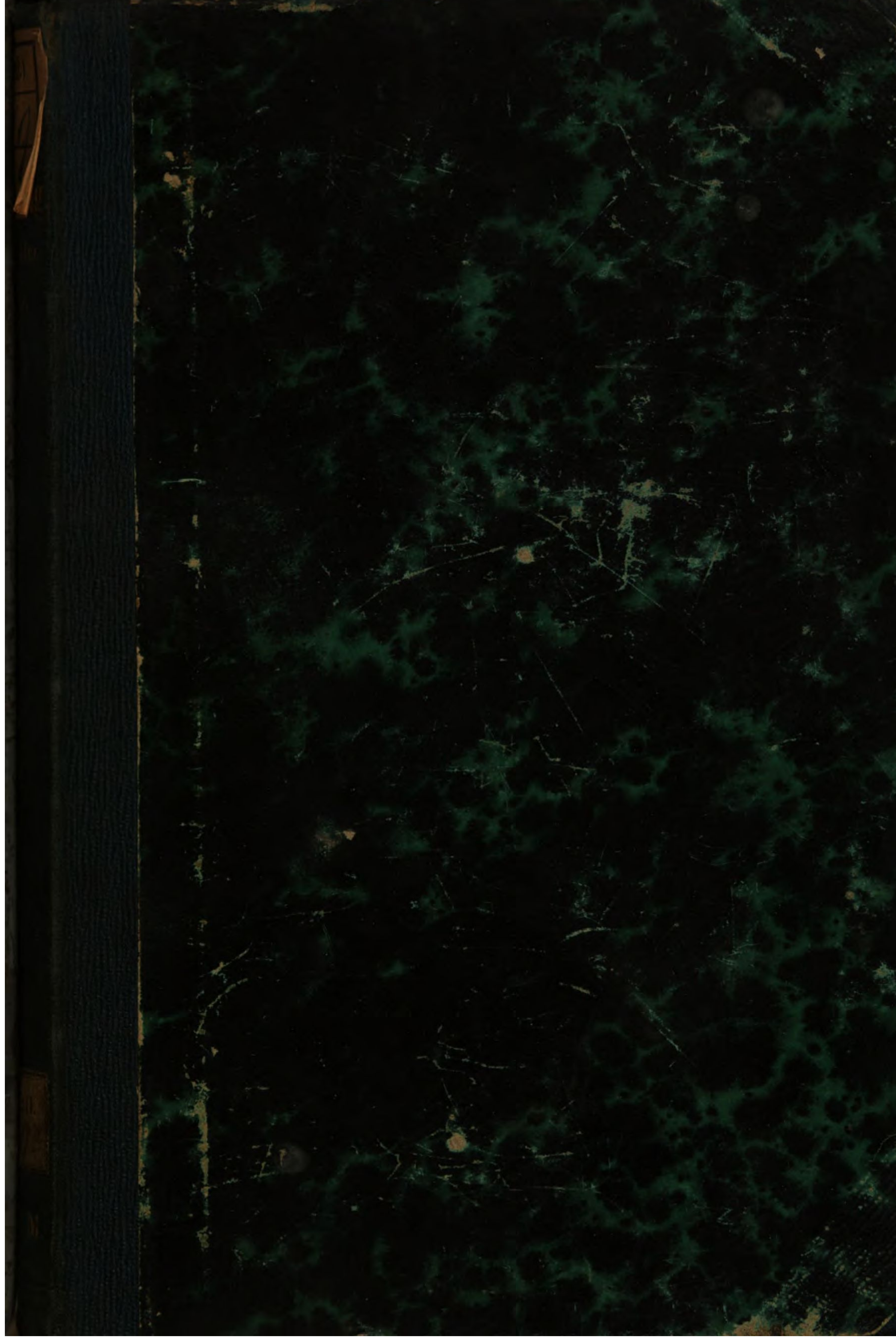




Metall. 119 n

Wedding

PROSPECTUS.

GRUNDRISS

DER

EISENHÜTTENKUNDE

VON

DR. HERMANN WEDDING

KÖNIGL. BERGRATH.

MIT 205 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN UND
2 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

20 Bogen gr. 8^o. brosch. Preis 3 Thlr.

Der Herr Verfasser hat dies Werk auf Grund seiner während einer achtjährigen Lehrthätigkeit an der hiesigen Königl. Bergakademie und der Königl. Gewerbeakademie gesammelten Erfahrungen bearbeitet und zunächst zu einem **Leitfaden beim Unterricht** sowohl für Studirende als für Lehrer bestimmt. Das Buch hat einerseits den Zweck die Aufmerksamkeit der Studirenden dadurch mehr an den lebendigen Vortrag zu fesseln, daß es sonst nothwendige reichliche Notirungen und Skizzen erspart; andererseits soll es dem Lehrer eine klare Disposition an die Hand geben, welche es ihm erleichtert, sich bei seinem Vortrage bald nur auf die Hauptpunkte zu beschränken, bald in Einzelheiten einzugehen, mehr Gewicht auf die chemischen Vorgänge oder auf die Ofenkonstruktion und die mechanischen Vorrichtungen zu legen, je nachdem es die im einzelnen Falle vorliegenden Bedürfnisse des Unterrichts erfordern.

Die Litteraturcitate in dem Grundrisse beschränken sich, dem genannten Zwecke entsprechend, daher auch auf solche Quellen, welche bei einem eingehenderen Studium den vollständigsten Einblick in das betreffende Gebiet gewähren und gleichzeitig möglichst auf die Originalquellen zurückführen. Es ist hierbei besondere Rücksicht auf das umfangreiche Lehrbuch des Verfassers genommen, welches als eine freie Bearbeitung des berühmten Percy'schen Werkes bei Vieweg & Sohn in Braunschweig erscheint.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

321 G

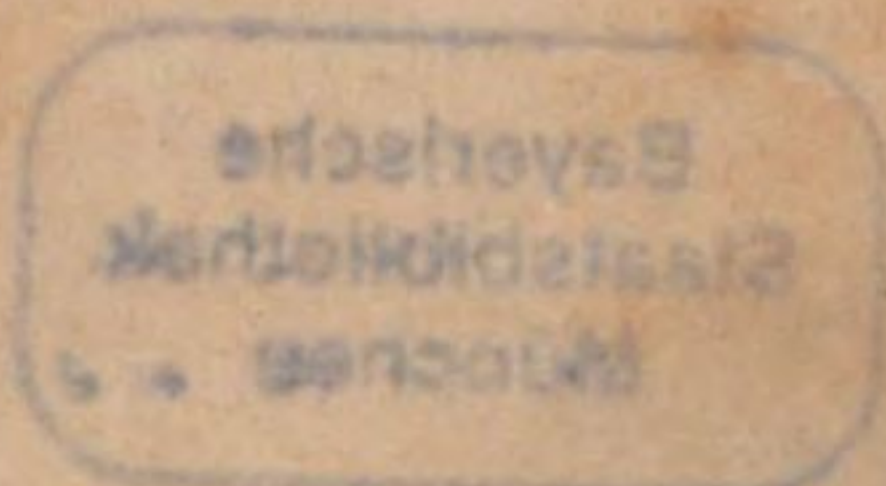
Durch die Ausstattung und den Preis des Werkes glaubt die Verlagshandlung auf Billigung und Anerkennung des Fachpublikums rechnen zu dürfen.

Wünsche, welche vielleicht noch in der einen oder anderen Richtung hin rege werden dürften, deren Erfüllung aber in Verbindung mit dem vorliegenden Werke dessen Gränzen wesentlich verrückt haben würden, werden durch das baldige Erscheinen eines Grundrisses der Eisenprobirkunst und eine Sammlung von Beispielen aus dem Gebiete des Eisenhüttenwesens Befriedigung finden.

Berlin, September 1871.

Ernst & Korn,

Verlagsbuchhandlung.



GRUNDRISS
DER
EISENHÜTTENKUNDE

VON

DR. HERMANN WEDDING
KÖNIGL. BERGRATH.

MIT 205 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN UND
2 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BERLIN

VERLAG VON ERNST & KORN

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)

1871.

ERSTE THEIL



BERLIN

VERLAG VON ERNST & SOHN

1871

Einleitung.

Die Eisenhüttenkunde (Metallurgie des Eisens) ist die Lehre von der technischen Darstellung des Eisens aus den in der Natur vorkommenden Verbindungen desselben in Form von Handelswaare. Sie umfasst sowohl die chemischen Prozesse, welche zu diesem Zwecke dienen und die Apparate, in welchen die chemischen Prozesse ausgeführt werden, als auch die mechanischen Vorrichtungen und Hilfsmittel, welche theils zum Betriebe jener Apparate erforderlich sind, theils den Zweck haben, dem Eisen eine für die Weiterverarbeitung oder für den Handel angemessene Form zu geben.

Der Puddelprozess ist ein chemischer Vorgang. Zu seinem Verständniß ist es nicht nur nöthig, den Puddelofen zu kennen, in welchem er ausgeführt wird, sondern auch die mechanische Vorrichtung (das Gebläse), welche in vielen Fällen diesem Ofen den Verbrennungswind zuführt, den Haken, mit welchem das Eisen umgerührt wird und das Walzwerk, welches dem gepudelten Eisen eine zur Schweissung oder zum Verkaufe geeignete Form giebt.

Mit der Umwandlung der aus den Hüttenwerken hervorgehenden rohen Handelswaare in Gegenstände des Gebrauches beschäftigt sich die Lehre von der Eisenfabrikation.

Eine scharfe Gränze zwischen Eisenhüttenwesen und Eisenfabrikation ist nicht zu ziehen. Aus Eisenhütten gehen z. B. die Eisenbahnschienen hervor, welche ohne weitere Bearbeitung Gegenstand des Gebrauches sind, während der Nagelfabrikant häufig das von der Hütte gekaufte Eisen durch Schweissarbeit verbessert, ehe er es zu Nägeln verarbeitet. Das wichtige Feld der Eisengießerei liegt auf der Gränze zwischen Eisenhüttenwesen und Eisenfabrikation, wird aber meistentheils dem Gebiete des ersteren zugerechnet.

Das Eisen kommt nicht in chemisch reinem Zustande, sondern in Verbindung mit Kohlenstoff zur technischen Benutzung. Die Höhe des Kohlenstoffgehalts bedingt wesentlich seine Eigenschaften. Es ist daher nicht sowohl die Aufgabe des Eisenhüttenwesens, ein möglichst reines Eisen herzustellen, sondern vielmehr ein Eisen von einem bestimmten Kohlenstoffgehalte zu erzeugen.

In dieser Beziehung unterscheidet sich das Eisenhüttenwesen von der Darstellung der übrigen Metalle, welcher fast ausnahmslos die Aufgabe zufällt, das betreffende Metall in möglichster Reinheit abzuscheiden.



Erster Abschnitt.

Metallurgische Chemie des Eisens. *)

Eisen (Fe , Fe) ist als Monatom ($\text{Fe} = 56$) zweiwerthig (daher FeCl_2) oder als Doppelatom ($\text{Fe} = 112$) sechswerthig (daher FeCl_6).

Reines Eisen.

Reines Eisen erhält man durch Erhitzung von Stickstoffeisen, Eisenoxyd oder Eisenchlorür in Wasserstoff, oder durch galvanische Fällung aus Lösungen von Eisenoxydulsalzen, bei Gegenwart von Salmiak oder weinsauren Alkalien.

Das chemisch reine Eisen ist schwierig herzustellen und vereinigt die Eigenschaft sehr schwer schmelzbar zu sein, je nach seiner Herstellungsart mit übergroßer Weichheit oder mit bedeutender Sprödigkeit. Es ist daher im Allgemeinen für technische Zwecke unbrauchbar und nur für einzelne in Bezug auf die Menge, des dazu verwendeten Metalls höchst untergeordnete Verfahren (z. B. die Galvanoplastik) von Nutzen.

Eisen und Kohlenstoff.

Erst ein Gehalt von Kohlenstoff, welcher nur zwischen sehr geringen Gränzen (von etwa 0,1 bis zu 5 %) schwanken kann, giebt dem Eisen Eigenschaften, welche es zur technischen Verwerthung im Großen geeignet machen. Je nach der Menge, in welcher der Kohlenstoff mit dem Eisen verbunden ist, macht er das letztere entweder spröde, dabei aber leichtschmelzbar, oder schwer schmelzbar, dabei aber zähe und dehnbar (schmiedbar). Die Schmelzbarkeit nimmt mit dem Kohlenstoffgehalte zu, die Dehnbarkeit nimmt mit der Zunahme des Kohlenstoffgehaltes ab.

Demgemäß unterscheidet man in der Praxis zwei Sorten von Eisen: Das schmiedbare Eisen mit dem geringsten bis zu 2,3 % steigenden Kohlenstoffgehalt und das spröde, leichtschmelzige Gufs- oder Roheisen, welches mehr als 2,3 % Kohlenstoff enthält.

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde, Abth. I. S. 1 — 264.

Der Name Gufseisen bezeichnet die Eigenschaft dieser Eisenart, sich im flüssigen Zustande in Formen gießen zu lassen; der Name Roheisen, daß dieses Eisen das Rohprodukt ist, aus dem der größte Theil des schmiedbaren Eisens dargestellt wird.

An der Gränze finden sich Uebergänge. Ein der Gränze von $2,3\frac{0}{0}$ Kohlenstoffgehalt sich näherndes schmiedbares Eisen ist verhältnißmäßig leicht schmelzbar, ein ebensolches Gufseisen zeigt Andeutungen von Schmiedbarkeit.

Die Gränze wird dadurch noch unsicherer gemacht, daß geringe Mengen anderer Stoffe die Eigenschaften des reinen Kohleneisens nicht unwesentlich verändern.

Je höher der Kohlenstoffgehalt des Eisens ist, um so plötzlich geht es bei hinreichender Erhitzung aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand über. Sowohl das kohlenstoffarme Roheisen, als das schmiedbare Eisen durchläuft, ehe es schmilzt, eine mehr oder minder lange Reihe von teigigen Zuständen.

In solchem teigigen Zustande lassen sich zwei Stücke schmiedbaren Eisens durch inniges Aneinanderpressen bei rein-metallischen Berührungsflächen zu einem einzigen Stücke vereinigen. Diese Eigenschaft, welche mit der Zunahme an Kohlenstoff abnimmt, nennt man Schweifsbarkeit.

Ein der Gränze der Schmiedbarkeit nahes Eisen ist nicht mehr schweisbar. Die Schmiedbarkeit nimmt also mit Zunahme des Kohlenstoffgehaltes langsamer ab, als die Schweifsbarkeit.

Die Härte des Eisens nimmt im Allgemeinen mit der Sprödigkeit, also mit dem Kohlenstoffgehalte zu. Während aber das kohlenstoffärmere schmiedbare Eisen seine natürliche Härte unter allen Umständen beibehält, wird das kohlenstoffreichere schmiedbare Eisen, wenn es erhitzt und dann plötzlich abgekühlt wird, in bedeutendem Grade härter, ja nimmt eine größere Härte als das kohlenstoffreichste Gufseisen an.

Man kann daher so gehärtete Eisenstücke zur Bearbeitung aller anderen Sorten Eisen benutzen.

Die Eigenschaft der Härtbarkeit kommt einem Eisen von $0,6 - 2,3\frac{0}{0}$ Kohlenstoffgehalt zu. Ein solches Eisen nennt man Stahl, während im Gegensatz dazu das zwar auch schmiedbare, aber nicht härtbare Eisen Schmiedeisen heißt.

Obwohl die Härtbarkeit innerhalb der angegebenen Gränzen im Allgemeinen mit dem Kohlenstoffgehalte zunimmt, erreicht sie doch ihr Maximum vor der oberen Gränze und nimmt dann wieder allmähig ab. — Als gleichbedeutend mit Schmiedeisen pflegt man zuweilen das Wort Stabeisen zu gebrauchen, weil das Schmiedeseisen häufig in Form von Stäben in den Handel kommt.

Es giebt wie zwischen Roheisen und Stahl so auch Uebergänge

zwischen Stahl und Schmiedeeisen. Die letzteren kommen wegen der meist gleichartigen, von der Erzeugung des Roheisens aber sehr verschiedenen Darstellungsarten des Stahls und Schmiedeeisens weit häufiger vor, als die ersteren. Man pflegt ihnen mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt die Namen: Weicher Stahl, stahlartiges Eisen, Feinkorn oder Feinkorn-eisen und hartes Eisen beizulegen.

Der Kohlenstoff kommt im festen Eisen in zwei verschiedenen Modifikationen vor, entweder mechanisch eingemengt, als Graphit, oder chemisch gebunden als amorpher Kohlenstoff. Ersterer tritt nie allein ohne letzteren auf, letzterer oft ohne jenen.

Im Allgemeinen wächst mit der Zunahme von Gesamtkohlenstoff die Neigung des flüssigen Eisens zur Ausscheidung von Graphit beim Erstarren, so daß, während Schmiedeeisen nur gebundenen Kohlenstoff enthält, Stahl geringe Mengen Graphit, Roheisen sehr große Mengen Graphit enthalten kann. Bei letzterem bedingt die Ausscheidung von Graphit eine graue bis schwarze Farbe, während chemisch gebundener Kohlenstoff dem Eisen seine weiße Farbe läßt. Da der Zustand des Kohlenstoffs im Roheisen einen wesentlichen Einfluß auf seine Eigenschaften hat, so unterscheidet man streng die beiden Arten als graues und weißes Roheisen.

Ersteres findet wegen seiner Eigenschaft, sehr plötzlich aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand überzugehen und sich kurz vor dem Erstarren nicht unbedeutend auszudehnen, seine Hauptanwendung zur Gießerei und heißt daher auch Gießereiroheisen (*Fonte de moulage, Foundry pig*), während das weiße Roheisen wegen seiner Eigenschaft, den chemisch gebundenen Kohlenstoff leicht an Sauerstoff abzugeben, besonders zur Darstellung von schmiedbarem Eisen benutzt und daher Frischereiroheisen (*Fonte d'affinage, Forge pig*) genannt wird.

Beide Roheisenarten kommen mit einander gemischt vor und zwar stets so daß das graue Eisen in weißer Grundmasse ausgesondert ist. Man nennt solche Eisensorten halbirtes Roheisen und bezeichnet sie als stark halbirt, wenn die weiße, als schwach halbirt, wenn die graue Masse vorwaltet.

Tritt das graue Eisen zurück, so bildet es Kügelchen und erscheint daher auf jedem Bruche in Form von Kreisen; waltet es vor, so ist es von einem weißen Netzwerke eingefasst.

Im flüssigen (geschmolzenen) Eisen ist der Graphit stets gelöst. Seine Ausscheidung beim Erkalten wird wesentlich durch langsame Abkühlung befördert, durch schnelle Abkühlung (Abschreckung) gestört oder verhindert.

Daher kann ein bei langsamer Abkühlung Graphit ausscheidendes Roheisen (z. B. ein hellgraues oder halbirtes) durch plötzliche Abkühlung (Hartguß) in weißes Roheisen übergeführt werden

und ebenso zeigt ein graphitischer Stahl nach dem Härten nur gebundenen Kohlenstoff.

Da auf die Härte des Eisens nur der chemisch gebundene Kohlenstoff Einfluß ausübt, so kann ein Eisen, dessen Gesamtkohlenstoffgehalt höher ist, als der einer zweiten Art, doch viel weicher sein, als letztere, wenn deren Kohlenstoff in hinreichender Menge als Graphit ausgeschieden ist.

So ist kohlenstoffreiches graues Roheisen leicht mit Stahlmeißeln zu hobeln und zu drehen, während weißes zum Theil kaum angreifbar ist.

Eisen nimmt bereits bei geringer, die Rothglühhitze kaum erreichender Temperatur in Berührung mit Kohlenstoff oder gewissen kohlenstoffhaltigen Körpern Kohlenstoff auf (Cementation). Je höher die Temperatur, je inniger die Berührung und je länger die Zeit ist, um so leichter findet die Aufnahme von Kohlenstoff statt und um so höher wird unter sonst gleichen Bedingungen der Kohlenstoffgehalt.

Im Eisenhüttenwesen kommen als kohlennde Körper wesentlich nur folgende in Betracht: Die festen Brennmaterialien (Holz, fossile Kohlen und die Verkohlungsprodukte beider), die Kohlenwasserstoffe (welche aus rohen Brennmaterialien bei der Erhitzung entwickelt werden), das Cyan, das (durch partielle Verbrennung entstehende) Kohlenoxyd. Von diesen Stoffen wirken diejenigen am energischsten, welche am kohlenstoffreichsten sind, also namentlich die Verkohlungsprodukte (Holzkohle und Koks). Das Kohlenoxyd ist ein sehr schwach kohlender Körper, da es nur äußerst schwierig unter Bildung von Kohlensäure Kohlenstoff abgibt. ($2\text{CO} = \text{C} + \text{CO}_2$).

Wenn man metallisches Eisen mit Kohlenstoff erhitzt, kann je nach der Temperatur und der Zeit, welche angewendet wird, Schmiedeeisen, Stahl oder Roheisen erzeugt werden. Es läßt sich übrigens unter sonst gleichen Umständen bei niedriger Temperatur und langer Einwirkungszeit ein gleiches Produkt wie bei hoher Temperatur und kurzer Einwirkungszeit erzielen.

Kohlenstoffhaltiges Eisen und Mangan.

Das Mangan verbindet sich mit gekohltem Eisen in den verschiedensten Verhältnissen. Es erhöht im Allgemeinen den Schmelzpunkt und ertheilt den schmiedbaren Eisensorten eine grössere Härte. Von Wichtigkeit ist es in der Technik nur für das Roheisen. Es wirkt auf die Bildung weissen Roheisens, indem es die Aufnahme des Kohlenstoffs in chemisch gebundenem Zustande befördert, auch wenn die Menge des letzteren so groß ist, daß bei fehlendem Mangangehalte ein Theil als

Graphit ausgeschieden werden würde. Das Mangan ermöglicht sogar bei seiner Vereinigung mit Eisen die Aufnahme des höchsten, überhaupt möglichen Kohlenstoffgehaltes, d. h. bis über 5% in nur gebundenem Zustande.

Ein solches höchst gekohltes Roheisen entspricht in seiner Zusammensetzung der Formel $(\text{Fe}, \text{Mn})_4\text{C}$, enthält meist 4 — 6%, nicht selten bis 12%, ausnahmsweise 20 und mehr Prozent Mangan und zeichnet sich durch seine glänzenden, spiegelähnlichen Absonderungsflächen aus, welche ihm den Namen Spiegeleisen erworben haben.

Die von diesen Absonderungsflächen begränzten Individuen sind keine vollendeten Krystalle, sondern nur Krystallrudimente, welche übrigens auf das klinorhombische Krystallsystem hindeuten.

Bei geringerem Kohlenstoffgehalte ertheilt ein Mangangehalt dem Roheisen strahliges Gefüge (Weißstrahleisen, Weißstrahl).

Schon ein geringer Mangangehalt erschwert die Ausscheidung von Graphit und trägt zur Bildung von weißem Roheisen bei, obschon umgekehrt selbst im Spiegeleisen sowohl zwischen den Absonderungsflächen, als in der Masse der Krystallrudimente Graphitblättchen vorkommen.

Das manganhaltige Roheisen eignet sich nicht zur Gießerei, ist dagegen sehr werthvoll für die Schmiedeisen- und namentlich Stahldarstellung. Es geht wie das graue Roheisen plötzlich in den vollkommen flüssigen Aggregatzustand über und unterscheidet sich dadurch vom gewöhnlichen weißen Roheisen, welches vor dem Schmelzen einen teigigen Zustand durchläuft.

Mangan ist ein häufiger Bestandtheil der Eisenerze.

Kohlenstoffhaltiges Eisen und Silicium.

Silicium ist in allen Roheisensorten in mehr oder minder hohem Mafse enthalten, am reichlichsten im grauen Roheisen, da einestheils die Umstände, welche für Graphitbildung günstig sind, auch die Siliciumaufnahme befördern und anderentheils das Silicium die Ausscheidung des vorhandenen Kohlenstoffs als Graphit begünstigt.

Weißes Roheisen enthält selten über 1%, graues gewöhnlich 1 — 2%, häufig bis 5%, ausnahmsweise bis 13% und mehr.

Ein mäßiger Siliciumgehalt beeinträchtigt die Eigenschaften des Roheisens zu Gießereizwecken nicht; ein Siliciumgehalt des Roheisens ist erforderlich für die meisten Prozesse zur Darstellung von Schmiedeisen und Stahl, für einige dieser Prozesse ist ein hoher Siliciumgehalt sogar erwünscht.

Das schmiedbare Eisen macht ein Siliciumgehalt härter und spröder und vermindert seine Schweißbarkeit.

0,05 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$ Silicium geben schon schlechtes Eisen, 0,4 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$ machen es unbrauchbar. Man nennt solches Eisen faulbrüchig. Silicium fehlt fast in keinem Eisenerze.

Kohlenstoffhaltiges Eisen und Phosphor.

Phosphor fehlt selten im Roheisen und findet sich häufig im schmiedbaren Eisen. Ein Phosphorgehalt erhöht die Härte und verringert die Festigkeit alles kohlenstoffhaltigen Eisens.

Im Roheisen wirkt er auf Ausscheidung von Graphit; er macht es dünnflüssig und daher zu Kunst- und Geschirrguss geeignet.

Graues Roheisen enthält gewöhnlich 0,5—1 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$, nicht selten 1,5 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$ Phosphor; zu Kunstguss verwendetes bis 5 und 6 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$, weißes selten über 0,5 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$.

Schmiedbares phosphorhaltiges Eisen ist oft im glühenden Zustande noch wohl zu bearbeiten, während es im kalten Zustande bereits unbrauchbar ist (Kaltbruch). Der nachtheilige Einfluß des Phosphors auf die Festigkeit des schmiedbaren Eisens steigt mit dem Kohlenstoffgehalt. Die Schweifbarkeit wird durch einen Phosphorgehalt erhöht.

Sehr kohlenstoffarmes Schmiedeeisen darf bis zu 0,75 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$, kohlenstoffreicherer noch nicht 0,5 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$, Stahl nicht mehr als 0,06 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$ enthalten. Schon 0,002—0,003 $\frac{\text{g}}{\text{g}}$ verringern den Widerstand des Stahls gegen Schläge bis zur Unbrauchbarkeit desselben für viele Zwecke.

Phosphor ist ein nur sehr wenigen Eisenerzen fehlender Bestandtheil.

Eisen und Schwefel.

Eisen und Schwefel haben große Verwandtschaft zu einander; sie verbinden sich leicht bei Rothglut. Als natürliche Verbindungen kommen Magnetkies (Fe_3O_4) und Schwefelkies (FeS_2) vor. Schwefeleisen bildet außerdem einen Bestandtheil zahlreicher Erze (z. B. mit Schwefelkupfer, Kupferkies und Buntkupfererz, mit Arseneisen, Arsenikkies, mit Antimon, Arsen, Kupfer, Silber, Zink u. s. w. Fahlerz). Alle diese Erze kommen als Verunreinigungen der Eisenerze vor; Schwefelkies häufig, die übrigen seltener.

Schwefel vermindert den Kohlenstoffgehalt des Eisens und wirkt auf chemische Bindung des übrig bleibenden Kohlenstoffs.

Schmilzt man Spiegeleisen mit Schwefel, so scheidet sich Kohlenstoff rufsförmig aus; gießt man geschmolzenen Schwefel über flüssiges graues Roheisen, so bildet sich unter einer Schicht Schwefeleisen ein kohlenstoffreicherer weißer Roheisen.

Ein Schwefelgehalt macht das Roheisen dickflüssig, daher unbrauchbar zu scharfkantigen Güssen, und vermindert seine Festigkeit.

0,1 $\frac{0}{0}$ Schwefel ist ohne nachtheiligen Einfluss; bei mehr als 0,6 $\frac{0}{0}$ ist das Roheisen als unanwendbar zu betrachten.

Schmiedbares Eisen verliert durch Schwefelgehalt seine Festigkeit, namentlich in der Glühhitze (Rothbruch), und wird von geringerer Schweissbarkeit. Der Einfluss des Schwefels nimmt mit dem Steigen des Kohlenstoffgehaltes ab.

0,01 $\frac{0}{0}$ Schwefel übt bereits einen wesentlichen Einfluss auf Schmiedeeisen, einen geringen auf Stahl. 0,04 $\frac{0}{0}$ machen Schmiedeeisen und Stahl unbrauchbar.

Eisen und Arsen.

Arsen bildet mit Eisen und mit Eisen und Schwefel, theils besondere Erze (Arsenikalkies, Arsenikkies), theils einen Bestandtheil anderer Erze (z. B. mit Schwefelnickel, Eisennickelkies).

Diese Erze sind zuweilen als Verunreinigungen in den Eisenerzen enthalten.

Arsen ertheilt kohlenstoffhaltigem Eisen grössere Härte und Sprödigkeit, und vermindert beim schmiedbaren Eisen die Schweissbarkeit.

Kohlenstoffhaltiges Eisen und Kupfer.

Kupfer wirkt auf kohlenstoffhaltiges Eisen ähnlich, aber bei gleicher Menge in geringerem Masse ein wie Schwefel. Es verdrängt Kohlenstoff im Roheisen, bewirkt Rothbruch im schmiedbaren Eisen und vermindert dessen Schweissbarkeit.

Bei 0,5 $\frac{0}{0}$ Kupfer beginnt der Rothbruch im Schmiedeeisen.

Kupfer kommt namentlich in Verbindung mit Schwefel und Eisen nicht selten in Eisenerzen vor.

Eisen und Nickel.

Nickel und Eisen legiren sich leicht in allen Verhältnissen. Von Interesse für den Eisenhüttenmann erscheint nur der Nickelgehalt der Meteoriten, für welche er charakteristisch ist.

Der Gehalt des Meteoreisens an Nickel schwankt von 0,23—24,71 $\frac{0}{0}$ neben Kobalt, welches zuweilen ganz fehlt, aber auch bis auf 3,59 $\frac{0}{0}$ steigt.

Kohlenstoffhaltiges Eisen und Zinn, Wolfram, Titan und Chrom.

Zinn, Wolfram, Titan und Chrom ertheilen kohlenstoffhaltigem Eisen grössere Härte und Sprödigkeit, verdrängen im Roheisen Kohlenstoff und vermindern im schmiedbaren Eisen die Schweissbarkeit.

Zinn erniedrigt den Schmelzpunkt kohlenstoffhaltigen Eisens, Wolfram, Titan und Chrom erhöhen ihn. Zinn legirt sich leicht mit geschmolzenem Eisen und bildet bereits bei einer seinen Schmelzpunkt wenig übersteigenden Temperatur einen festhaftenden Ueberzug (Weißblechfabrikation).

Wolfram läßt sich schwieriger in kohlenstoffhaltiges Eisen überführen und spielt nur bei der Erzeugung sehr harten Stahles eine Rolle. Titan ist kaum mit kohlenstoffhaltigem Eisen zu vereinigen, findet sich nur selten in geringen Mengen im Roheisen und scheidet sich beim Hochofenprozeß meist als Stickstoffcyanitan (N_3Ti_5Cy) aus. Chrom legirt sich leicht in verschiedenen Verhältnissen mit Eisen. Jedes dieser Metalle kommt in manchen Eisenerzen vor.

Eisen und Zink und Eisen und Blei.

Eisen und Zink und Eisen und Blei legiren sich sehr schwierig und nur bei längerer Berührung. (Verzinkung des Eisens; Eisenbleikrystalle von Marienhütte mit 88,76 $\frac{0}{0}$ Blei und 11,14 $\frac{0}{0}$ Eisen). Zink und Blei sind häufig und in bedeutender Menge auftretende Verunreinigungen der Eisenerze. Sie bilden beim Hochofenbetriebe, ersteres als Oxyd (Gichtschwamm, Zinkstaub), letzteres als oft silberhaltiges Metall (Ofenblei) nicht selten werthvolle Nebenprodukte.

Unwichtige Verbindungen des kohlenstoffhaltigen Eisens mit Metallen.

Ohne Bedeutung für das Eisenhüttenwesen ist ein Gehalt des kohlenstoffhaltigen Eisens von Antimon, welches dasselbe leichtschmelziger und spröder macht, von Wismuth, welches sich wie Blei verhält, von Silber, welches sich fast gar nicht legirt, von Gold und Platin, welche sich zwar leicht damit verbinden, die Eigenschaften aber nicht ihrem Werthe entsprechend verändern oder verbessern, von Vanadium, welches keinen nachtheiligen Einfluß äußert, von Molybdän, welches den Schmelzpunkt erhöht und die Härte vermehrt, von den Metallen der Erden und Alkalien, welche sich nur in äußerst geringen Mengen im Roheisen finden.

Metalle der Erden und Alkalien, welche sich bei der Analyse ergeben, sind oft nur Bestandtheile eingemengter Schlacke.

Die Erden und Alkalien finden sich fast stets, Gold und Platin fast niemals, die übrigen Stoffe hin und wieder in den Eisenerzen.

Eisen und Stickstoff.

Feinzertheiltes Eisen oder Eisenchlorür in Ammoniak erhitzt giebt ein sprödes, weißes Stickstoffeisen (Fe_2N), welches bei höherer

Temperatur leicht wieder zerfällt. In kohlenstoffhaltigem Eisen ist Stickstoff häufig, aber immer nur in sehr geringen Mengen ($0,002 \frac{\circ}{\circ}$) enthalten, ohne die Eigenschaften desselben zu modificiren.

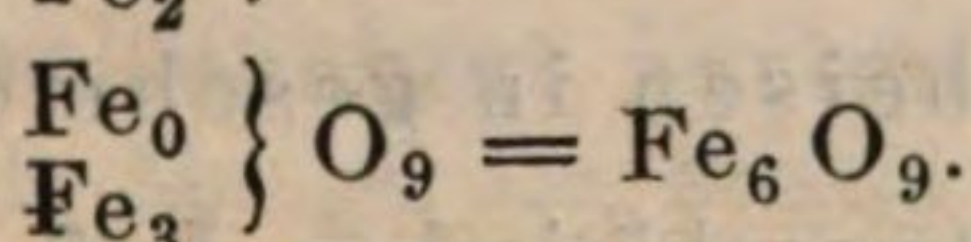
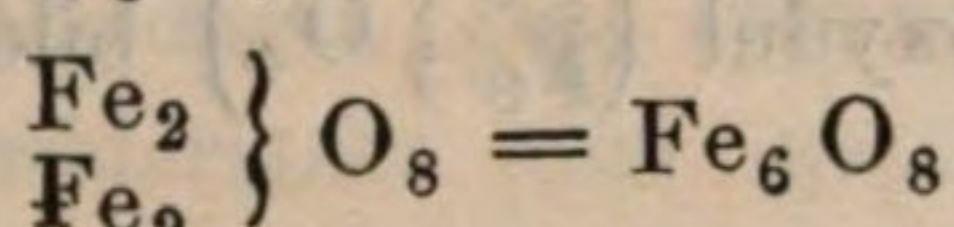
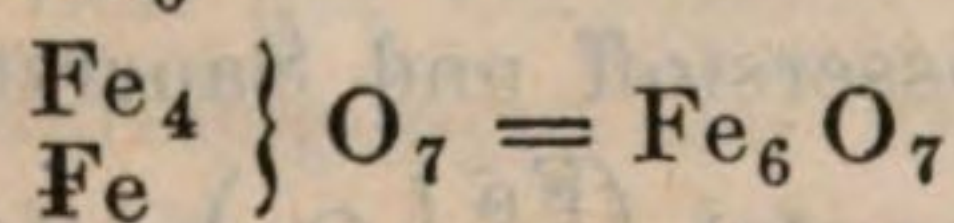
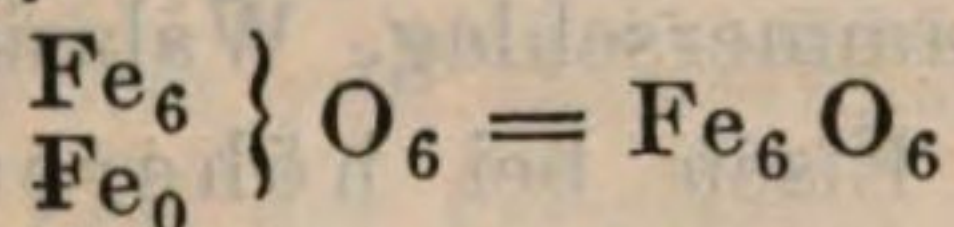
Die Annahme, daß die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Eisenarten von der Größe eines Stickstoffgehaltes abhängen, ist irrig und zum großen Theil durch falsche Analysen (Anwendung von Eisen mit adhärender Luft) hervorgerufen.

Eisen und Sauerstoff.

Oxydationsstufen des Eisens.

Eisenoxydul = FeO mit $77,77 \frac{\circ}{\circ}$ Eisen; Eisenoxyd = FeO_3 mit $70 \frac{\circ}{\circ}$ Eisen; Eisensäure = FeO_3 mit $53,8 \frac{\circ}{\circ}$ Eisen. Die Eisensäure ist ohne Bedeutung für das Eisenhüttenwesen, Eisenoxydul tritt in der Technik niemals im freien Zustande auf. Eisenoxyd und Eisenoxydul bilden zahlreiche Verbindungen, von denen $\left. \begin{smallmatrix} \text{Fe} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_4$ mit $72,41 \frac{\circ}{\circ}$ Eisen, $31,04 \frac{\circ}{\circ}$ Oxydul und $68,96 \frac{\circ}{\circ}$ Oxyd die wichtigste ist. Beim Glühen von kohlensaurem Eisenoxydul entsteht $\left. \begin{smallmatrix} \text{Fe}_4 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_7$.

Daher die Reihe:



Bei der Einwirkung atmosphärischer Luft auf glühendes Eisen bilden sich Oxyde, deren Sauerstoffgehalt noch geringer ist als $\left. \begin{smallmatrix} \text{Fe}_4 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_7$, welche daher noch oxydulreicher sein müssen; jedoch werden dieselben beim Glühen in Kohlensäure wieder zu $\left. \begin{smallmatrix} \text{Fe}_4 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_7$ oxydirt.

Das Sauerstoffverhältniß in dem auf glühendem Eisen sich bildenden Hammerschlag oder Glühspan wechselt von $\left. \begin{smallmatrix} \text{Fe}_6 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_9 = \text{Fe}_8 \text{O}_9$ bis zu reinem Oxyde, also $\text{FeO}_3 = \text{Fe}_8 \text{O}_{12}$.

Einwirkung der Atmosphäre und des Wassers.

Eisen in kompaktem Zustande wird von trockner Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht angegriffen.

Sehr fein zertheiltes z. B. durch Wasserstoff reducirtes Eisen ist pyrophorisch, schon bei sehr geringer Erwärmung.

Luftfreies Wasser wirkt bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf Eisen ein.

In wasserhaltiger (feuchter) Luft rostet das Eisen. Es überzieht sich mit Eisenoxydhydrat. Dieser Ueberzug schützt das Innere des Eisens nicht vor weiterer Oxydation.

Niederschlag der Feuchtigkeit durch Wechsel der Temperaturen, ein Gehalt der Luft an Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff, Essigsäure, wahrscheinlich auch Kohlensäure befördert das Rosten; Ueberzüge von Oel, fettiger Substanzen und Firnifs verhindern das Rosten.

In lufthaltigem Wasser rostet das Eisen gleichfalls und überzieht sich mit Eisenoxydoxydulhydrat.

Ein Gehalt des Wassers an Kali, Soda und Kalk schützt das Eisen.

Seewasser greift bei gewöhnlicher Temperatur weniger reines oder wenig kohlenstoffhaltiges, als vielmehr hochgekohltes, also Roheisen an, welches es in eine schwammige, graphitreiche Masse verwandelt, die sich an der Luft freiwillig erhitzt.

In höherer Temperatur, von beginnender Rothglut an, wirkt der Sauerstoff der Luft energisch auf das Eisen ein und verwandelt es in Oxydoxydul (Glühspan, Hammerschlag, Walzsinter).

Wasser wird durch Eisen bei höherer Temperatur (bereits von 150° Cels. an) in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, welcher letztere mit dem Eisen Oxydoxydul $\left(\begin{smallmatrix} \text{Fe} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right) \text{O}_4$ bildet.

Oxydation von Roheisen in geschmolzenem Zustande.

Der Sauerstoff der atmosphärischen Luft wirkt auf geschmolzenes Roheisen in der Weise ein, daß er die fremden Körper, welche dasselbe enthält, neben einem Theil des Eisens selbst oxydirt und eine Eisenverbindung bildet, welche ihrerseits wieder auf den Kohlenstoff oxydierenden Einfluß ausübt und ihn als Kohlenoxyd entfernt, so daß je nach der Länge der Oxydationszeit aus Roheisen zuerst Stahl, dann Schmiedeeisen gebildet wird (Frischprozesse), bis endlich kohlenstofffreies (verbranntes) Eisen und schließlich Eisenoxydoxydul entsteht.

Von allen im Roheisen enthaltenen Stoffen ist das Silicium am leichtesten oxydirbar. Es bildet mit Sauerstoff Kieselsäure, die sich mit einer entsprechenden Menge gleichzeitig entstehenden Eisenoxyduls zu einem Silikate (einer Schlacke) verbindet.

Im Eisenhüttenwesen kommen zwei Verbindungen der Kieselsäure mit Eisenoxydul in Betracht: Das Bisilikat: $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6 = \text{FeSiO}_3$ und das Singulosilikat: Fe_2SiO_4 .

War das Roheisen grau, so geht mit der Abscheidung des Siliciums

der Graphit in chemisch gebundenen Kohlenstoff über und das Resultat der nun unterbrochenen Oxydation ist ein weißes Roheisen ohne Verminderung des Kohlenstoffgehaltes (Feinprozeß).

War das Roheisen manganhaltig, so wird bereits mit dem Silicium der größte Theil des Mangans oxydirt und geht als kieselsaures Manganoxydul in die Schlacke.

Ist das anfangs eisenärmere Silikat (das Bisilikat) in das eisenreichste Silikat (das Singulosilikat) übergegangen, so oxydirt sich nunmehr das Eisen selbst zu Oxydoxydul. Dieses Eisenoxydoxydul ist im Singulosilikate löslich und wirkt in gelöstem Zustande oxydirend auf den Kohlenstoff des Eisens unter Bildung von Kohlenoxyd, welches gasförmig entweicht.

Das Eisenoxydoxydul ist nicht löslich im Mangansilikate. Je mehr Mangan daher ein Roheisen enthält, um so mehr wird die Entkohlung verzögert (daher die Bedeutung des Mangans für die Stahlbildung).

Mit der beginnenden Oxydation des Kohlenstoffs oxydirt sich gleichzeitig der Phosphor zu Phosphorsäure, welche in die Schlacke geht, falls die Temperatur nicht zu hoch ist. Bei hoher Temperatur findet diese Oxydation nicht statt, oder wird durch folgende Reduktion wieder rückgängig gemacht (z. B. beim Bessemerprozeß).

Schwefel geht in Form von schwefliger Säure in um so höherem Maße fort, je länger die Zeit der Oxydation währt.

Die übrigen als Verunreinigungen des Roheisens angegebenen Stoffe sind fast ohne Ausnahme durch den Oxydationsprozeß leicht zu entfernen und nur Kupfer widersteht zum größten Theil der Einwirkung des Sauerstoffes bis zur vollständigen Entkohlung des Eisens.

Die überwiegende Menge des Eisens bewirkt, daß die Prozesse in der angegebenen Reihenfolge nicht immer vollständig verlaufen und daß es daher z. B. möglich ist, ein kohlenstoffarmes und doch noch siliciumhaltiges Eisen zu erzielen.

Der Sauerstoff der Luft kann durch den Sauerstoff vieler anderer Körper vertreten werden.

In der Praxis ist nur der Einfluß des Sauerstoffes im Salpeter und im Wasserdampf, obwohl meist ohne ökonomischen Erfolg, an die Stelle zu setzen versucht. — Statt einen Theil des Eisens erst durch den Sauerstoff der Luft zu oxydiren und in Oxydoxydul umzuwandeln, kann man sich auch fertig gebildeten Eisen-Oxydoxyduls oder des Eisenoxyds bedienen.

Oxydation des kohlenstoffhaltigen Eisens in der Glühhitze.

Die Oxydation des chemisch gebundenen Kohlenstoffs beginnt bei inniger Berührung mit sauerstoffabgebenden Körpern (namentlich den

Eisenoxyden) schon in der Rothglühhitze, während Graphit überhaupt nicht angegriffen wird.

Durch Glühen weissen Gufseisens mit Eisenoxyd, Eisenoxydoxydul, Manganbioxyd u. s. w. erzeugt man schmiedbares Eisen (schmiedbares Gufseisen, Glühstahl). Graues Roheisen giebt unhaltbare Produkte.

Das auf weifsglühendem schmiedbaren Eisen sich bei der Berührung mit der Luft sofort bildende oxydirte Eisen (Glühspan) vereinigt sich leicht mit Kieselsäure zu einer flüssigen Schlacke. Eine solche Schlacke erzeugt man absichtlich, wenn zwei schmiedbare Eisenstücke geschweisft werden sollen.

Beim Hämmern oder Pressen (durch Walzen) wird die zwischen den zu schweisfenden Eisentheilen enthaltene, sehr dünnflüssige Schlacke ausgepresft und dadurch die Berührung zweier reinen metallischen Oberflächen ermöglicht. *)

Falsch ist die Annahme, dafs der Glühspan, durch den Kohlenstoff der benachbarten Eisentheile reduziert, als reines Eisen eine Löthung der beiden Stücke hervorrufe. Der Glühspan wirkt zwar entkohlend, ist aber in viel zu grofser Menge vorhanden, um durch die oft sehr geringen Mengen des Kohlenstoffs in den geschweisften Eisenstücken reduziert werden zu können. Man kann daher ohne Gegenwart von Kieselsäure nicht schweisfen.

Reduktion des oxydirten Eisens und Aufnahme fremder Körper bei der Reduktion.

Das oxydirte Eisen wird hehufs der Eisengewinnung im Grofsen stets durch dieselben Körper reduziert, welche gleichzeitig eine Kohlung des reduzierten Eisens hervorrufen. **)

Kohlenoxyd und fester Kohlenstoff (in Form von natürlichen oder künstlichen Verkohlungsprodukten der Pflanzenfaser) sind die wichtigsten Reduktionsmittel, welche fast immer gemeinschaftlich zur Anwendung kommen (Hochofenprozess).

Kohlenwasserstoff und Cyan spielen eine untergeordnete Rolle; Wasserstoff, das einzige nicht gleichzeitig kohlende Reduktionsmittel hat um so weniger Bedeutung, als es fast nur in Gegenwart von Wasserdampf auftritt und dann überhaupt nicht mehr reduzierend wirkt ***) In einzelnen Fällen dient auch der Kohlenstoff, welcher im Roheisen enthalten ist zur Reduktion (Uchatius-Stahldarstellung).

*) Vergl. Seite 4.

**) Vergl. Seite 6.

***) Vergl. Seite 12.

Kohlenstoff geht bei der Reduktion der Eisenoxyde in Kohlenoxyd, Kohlenoxyd in Kohlensäure über. Es wird daher bei der Reduktion stets Kohlensäure gebildet.

Eisenoxyd geht zuerst in Eisenoxydoxydul über, welches das Stadium des magnetischen Oxydoxyduls $\left(\begin{smallmatrix} \text{Fe} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_4$) durchlaufend, dann in die niedrigste selbstständig auftretende Oxydationsstufe $\left(\begin{smallmatrix} \text{Fe}_4 \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_7$) tretend, schliesslich zu metallischem, gleichzeitig aber kohlenstoffhaltigem Eisen reduziert wird. — Je höher die Temperatur bei der Reduktion ist, um so höher fällt der Kohlungsgrad des erzeugten Eisens aus.

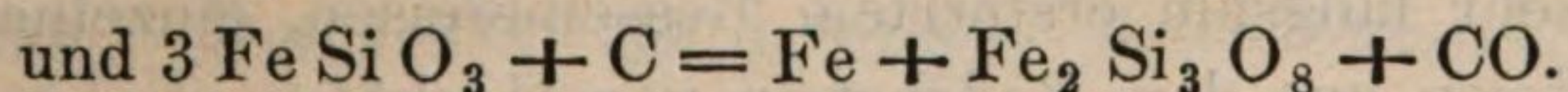
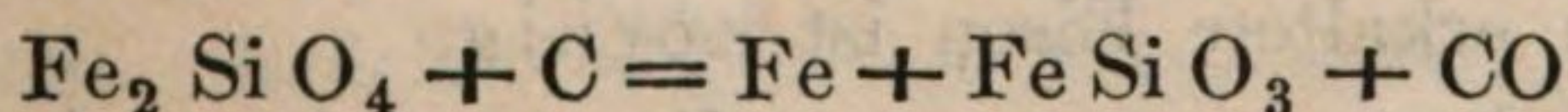
Man kann daher durch Reduktion von Eisenoxyden je nach der angewendeten Temperatur jede beliebige Eisenart erzeugen, bei geringer Temperatur fällt Schmiedeeisen, bei etwas höherer Stahl (Rennarbeiten), bei der höchsten Roheisen (Hochofenprozesse).

Sind bei der Reduktion des Eisenoxydes Manganoxyde zugegen, so gehören, da dieselben sich schwerer als jenes reduzieren, besondere Bedingungen zur Ueberführung von Mangan in das erzeugte Eisen.

Diese Bedingungen, welche namentlich bei der Erzeugung von Spiegeleisen in Betracht kommen, laufen darauf hinaus, daß dem Mangan beim Hochofenprozesse die Möglichkeit genommen werde, in die Schlacke überzugehen.

Ist bei der Reduktion des Eisenoxyds durch Kohlenstoff und Kohlenoxyd Kieselsäure vorhanden, so wird dieselbe in um so größerem Masse reduziert, je höher die Temperatur ist und je weniger basische Bestandtheile (Kalkerde, Thonerde, Eisenoxydul) zu ihrer Sättigung vorhanden sind.

Kieselsaures Eisenoxydul ohne Gegenwart anderer Basen wird durch Kohlenstoff vom Singulosilikate zum Bisilikate unter Ausscheidung von Eisen reduziert und noch aus letzterem scheint uns schwer ein weiterer Theil Eisen reduzierbar zu sein.



Phosphorsäure wird um so mehr reduziert, je höher die Temperatur ist. Bei der Erzeugungstemperatur des Roheisens geht die gesamte Menge des vorhandenen Phosphors in das Eisen über.

Schwefelsaure Metalloxyde werden zu Schwefelmetallen reduziert und der Schwefelgehalt geht in das Eisen über, wenn nicht andere den Schwefel lebhafter aufnehmende oder ihn aus Schwefeleisen vertreibende Verbindungen (kalkreiche Schlacken, freie Kieselsäure etc.) zugegen sind.

Sind ursprünglich Schwefelmetalle vorhanden, so wird der über das einfache Atomverhältniß (z. B. im Schwefelkies Fe S_2) vor-

handene Schwefel vor der Reduktion durch Sublimation fast ganz verflüchtigt.

Arsen- und antimonsaure Salze werden bei der Reduktion der Eisenoxyde gleichfalls reduziert. Die Oxyde von Zinn, Nickel, Chrom, Vanadium, Molybdän reduzieren sich je nach der angewendeten Temperatur mehr oder weniger und ihre Metalle gehen in das Eisen über. Kupferoxyd wird zwar ebenfalls reduziert, das Kupfer vereinigt sich aber nur in geringen Mengen mit dem Eisen, scheidet sich vielmehr bei Gegenwart größerer Mengen ab und trennt sich bei der Erzeugung von Roheisen z. Th. von letzterem nach dem spezifischen Gewicht. Dasselbe gilt von Blei und Wismuth in noch vollkommnerem Mafse. Zinkoxyd reduziert sich zwar, wird aber durch die bei der Eisenreduktion stets in reichlicher Menge vorhandene Kohlensäure wieder in Oxyd umgewandelt. Wolframsäure wird nur bei sehr hohen Temperaturen, Titanoxyd und Titansäure fast gar nicht reduziert. Von den Erden und Alkalien scheint nur ein ganz geringer Theil bei sehr hoher Temperatur und unter besonderen Umständen reduziert zu werden und als Metall in das Eisen überzugehen.

Krystallisation des Eisens.

Das reine Eisen krystallisirt im regulären Systeme und ein Gehalt an Kohlenstoff ändert die Krystallform nicht. Bei einem (nicht allzugeringen) Mangangehalt krystallirt dagegen das kohlenstoffhaltige Eisen in einem anderen, wahrscheinlich dem klinorhombischen Systeme.*)

Vollkommen ausgebildete Krystalle finden sich nur in den Hohlräumen großer Gußstücke. Kompaktes Eisen zeigt auf dem Bruche das Vorhandensein einzelner Krystall-Individuen ohne bestimmt ausgeprägte Formen. Man nennt ein solches Gefüge Korn, und bezeichnet ein Eisen mit diesem Gefüge als körnig. Alles aus einem flüssigen oder teigigen Zustande langsam erkaltete Eisen ist körnig.

Bei sehr langsam erstarrtem Bessemereseisen, einzelnen Eisenvorkommnissen aus dem Bodenstone von Hochöfen u. s. w. lassen sich zuweilen auch im kompakten Eisen ausgebildete Krystallflächen erkennen.

Bei schmiedbarem Eisen können durch einen nicht von allen Seiten gleichmäfsig wirkenden Druck die regulären Krystalle in der Richtung einer Axe ausgedehnt werden. Solche ausgedehnte Krystalle nennt man Sehnen.

Hämmern im kalten Zustande und andere starke und wiederholte Erschütterungen bewirken ein Zerfallen der gestreckten Krystalle normal

*) Vergl. Seite 7.

zur verlängerten Axe und führen daher die Sehnen wieder in Korn über.

Mit der Zunahme des Kohlenstoffgehaltes bis zu einer gewissen Gränze (ungefähr $2\frac{0}{0}$) nimmt unter sonst gleichen Umständen die Gröfse der Krystalle und schneller noch die Möglichkeit Sehnen zu bilden ab.

Ueber die genannte Gränze hinaus (z. B. im grauen Roheisen) nehmen zwar die Krystalle an Gröfse wieder zu; die Möglichkeit einer Sehnenbildung kommt aber wegen mangelnder Schmiedbarkeit nicht wieder zum Vorschein.

Kohlenstoffreicher Stahl hat zuweilen ein so feinkörniges Gefüge, dafs der Bruch muschlig erscheint. — Das sogenannte Feinkorn-eisen *) läfst sich schon nicht mehr durch Druck in sehniges Eisen umwandeln, obwohl es vollkommen schmiedbar ist.

Plötzliche Abkühlung ruft eine feinkörnige, langsame Abkühlung eine grobkörnige Struktur des Eisens hervor.

Derselbe Stahl ist im gehärteten Zustande weit feinkörniger als im ungehärteten.

Fremde Beimengungen haben einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Krystallisation des kohlenstoffhaltigen Eisens: Silicium, Zinn, Wolfram, Titan und Chrom wirken auf die Bildung kleinerer Krystalle (feinkörnigerer Struktur), Phosphor auf die Bildung gröfserer Krystalle (grobkörnigerer Struktur) als sie das von diesen Stoffen freie Eisen von gleichem Kohlenstoffgehalte haben würde. Schwefel wirkt wie die ersteren Stoffe, gleichzeitig aber sowohl diesen als dem Phosphor entgegen auf Sehnenbildung.

Die Art des Brechens ist nicht ohne grofsen Einfluß auf das Aussehen des Bruches. Ein plötzlich zerbrochenes sehniges Eisen zeigt ein scheinbar körniges Gefüge.

Dies erschwert sehr die wichtige Kenntniß von der Einwirkung vielfach wiederholter, sanfter Erschütterungen auf die Aenderung der Struktur. Brüche, welche an Eisenbahnwagenaxen, Kettenbrücken, Drathseilen aus sehnigem Eisen entstehen, beweisen, auch wenn sie den Eindruck des Kornes machen, noch nicht, dafs das Eisen seine Struktur verändert habe.

Geschmolzenes kohlenstoffhaltiges Eisen zeigt vor dem Erstarren auf seiner Oberfläche eine mit der Krystallisation zusammenhängende Bewegung, das Spiel, die Folge des Zerreißens einer sich bildenden Erstarrungshaut.

Im Allgemeinen sind die Risse um so länger und um so feiner, je kohlenstoffreicher das Eisen. Indessen üben Temperatur und fremdartige Beimengungen mannigfach modificirende Einflüsse aus.

*) Vergl. Seite 5.

Schmelzpunkt.

Der Schmelzpunkt des Eisens sinkt im Allgemeinen mit der Zunahme des Kohlenstoffgehaltes und wird im Einzelnen durch fremde Beimengungen bald erhöht, bald erniedrigt, wie dies bei den einzelnen Stoffen angeführt worden ist.

Im Mittel kann man annehmen für:

Weißes Roheisen	1050 — 1100° C.
Graues „	1100 — 1200° C.
Stahl	2000° C.
Schmiedeeisen	2250° C.

Die Schmelzpunkte werden in Folge der Unvollkommenheit der Messungen bei höheren Temperaturen sehr verschieden von den einzelnen Experimentatoren angeführt und schwanken z. B. für Roheisen zwischen 1050 und 1812°.

Spezifisches Gewicht.

Dunkelgraues Roheisen	6,635 — 7,275.
Lichtgraues „	6,916 — 7,572.
Weißes „	7,056 — 7,889.
Stahl, der nicht flüssig war (in Stäben)	7,400 — 7,825.
Gußstahl in Stäben	7,826 — 8,092.
Schmiedeeisen in Stäben	7,352 — 7,912.
„ als Drath	7,794 — 8,100.

Das spezifische Gewicht des Stahls vermindert sich durch Härtung im Verhältniß von 1 : 0,997 bis 1 : 0,960.

Geschmolzenes kohlenstoffhaltiges Eisen ist dichter als dasselbe im festen Zustande; daher schwimmt letzteres auf ersterem.

Absolute Festigkeit.

Die absolute Festigkeit des kohlenstoffhaltigen Eisens wächst nicht gleichmäfsig mit der Abnahme an Kohlenstoffgehalt, sondern hat ihr Maximum bei dem Kohlenstoffgehalte des Stahls, obwohl die Art der Verarbeitung auch diese Regel wesentlich modificirt, so dafs z. B. ein Drath von Eisen mehr trägt als ein Stab von Stahl. Fremde Beimengungen vermindern die absolute Festigkeit stets.

Die absolute Festigkeit beträgt pro □Centimeter *) bei:

I.	{	Roheisen im Allgemeinen	665 — 2410 Kilogr.	
	{	Bestem Geschützroheisen	3065	„
II.	{	Stahl in Stäben	4420 — 14615	„
	{	„ als Drath	8250 — 11500	„
	{	„ „ geblüheter Drath	5840 — 6000	„

*) Nach Karmarsch.

III.	{	Schmiedeeisen als Blech	2150 — 4530 Kilogr.
		„ in Stäben	2250 — 6600 „
		„ als Drath	5620 — 13415 „
		„ „ ausgeglüheter Drath	3395 — 5720 „

Mit dem Härten verliert der Stahl an absoluter Festigkeit.

Zweiter Abschnitt.

Die Eisenerze *).

Das Eisen kommt auf der Erde nicht im gediegenen Zustande vor, sondern tritt in Verbindungen, namentlich mit Sauerstoff oder Schwefel, seltener mit Arsen, Chlor und anderen Körpern auf.

Gediegenes Eisen **) tellurischen Ursprungs ist nur hin und wieder als mineralogische Seltenheit gefunden worden und entsteht wahrscheinlich stets durch Einwirkung reduzierender Gasarten auf Eisenoxyde.

Gediegenes Eisen kosmischen Ursprungs kommt mit mehr oder minder großen Mengen Nickel und Kobalt in den Meteoriten (deren Gewicht bis zu 400 Ctr. steigt) vor.

Das Eisen wird im Großen nur aus seinen natürlichen Verbindungen mit Sauerstoff hergestellt.

Die Rückstände von der Verarbeitung des Schwefelkieses zu Schwefelsäure, obwohl bisher zu diesem Zwecke nicht benutzt, werden vielleicht in Zukunft ein nicht unwichtiges Material für die Eisenerzeugung abgeben.

Die natürlichen Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff bestehen in:

- 1) Eisenoxydul ($\begin{smallmatrix} \text{Fe} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \left\{ \text{O}_4 \right.$ mit 72,4 $\frac{0}{0}$ Eisen),
- 2) Eisenoxyd (FeO_3 mit 70 $\frac{0}{0}$ Eisen),
- 3) Eisenoxydhydrat ($\begin{smallmatrix} \text{H}_6 \\ \text{Fe}_2 \end{smallmatrix} \left\{ \text{O}_9 \right.$ mit 60 $\frac{0}{0}$ Eisen),
- 4) Kohlensaurem Eisenoxydul (FeCO_3 mit 48,3 $\frac{0}{0}$ Eisen),

kommen aber in größeren Mengen niemals in ganz reinem Zustande vor.

Sobald Fossilien die genannten Verbindungen in hinreichender Reinheit und Menge enthalten, um eine technische Verwerthung derselben auf

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde I, 269 — 446. **) Ebend. I, 229.

Eisen mit ökonomischem Vortheile zu gestatten, so nennt man sie Eisenerze.

Der metallurgische Begriff des Eisenerzes weicht wesentlich von dem mineralogischen ab, welcher letztere mit der Menge nichts zu schaffen hat. Ferner ist die Art der Verunreinigungen von Einfluß auf die Begriffsbestimmung: Wenige Prozente Apatit können einem Fossile den Charakter des Eisenerzes nehmen, während ein sehr großer Gehalt an kohlensaurem Kalke keinen Einfluß in dieser Beziehung ausübt. Schwefelkies mit 50 $\frac{0}{0}$ Eisengehalt ist ebensowenig ein Eisenerz, als der in kolossalen Ablagerungen vorkommende, 7—10 $\frac{0}{0}$ Eisenoxyd enthaltende Sandstein der devonischen, rothliegenden und Buntsandstein-Formation. Leichtigkeit der Gewinnung, Transportkosten, Zollverhältnisse, Brennmaterial- und Eisenpreise sind mit dem ökonomischen Vortheile eng verknüpft.

1. Magneteisenerz.

Der eisenhaltige Bestandtheil des Magneteisenerzes (Magnet-eisensteines) ist Eisenoxydoxydul. Neben dem letzteren kommt zuweilen Eisenoxyd, selten kohlensaures Eisenoxydul vor. Als Beimengungen sind Kalkspath, Granat, Hornblende, Chlorit und Quarz, als Verunreinigungen Schwefel-, Magnet-, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Arsenikkies, seltner Apatit zu nennen.

Die Menge dieser Körper ist gewöhnlich sehr gering, so daß der Eisengehalt selten unter 35—40 $\frac{0}{0}$ sinkt, gewöhnlich zwischen 40 und 60 $\frac{0}{0}$ schwankt.

Der Magneteisenstein kommt krystallisirt, körnig krystallinisch und dicht, meist in sehr mächtigen (linsenförmigen) Lagerstöcken in den älteren krystallinischen Massen- und Schiefergesteinen, seltener auf Gängen vor.

Das Vorkommen in jüngeren z. B. der Devon- (im Siegerlande) und Liasformation (Rosedale) gehört zu den Ausnahmen.

Die nordischen Länder sind besonders reich an Magneteisenstein.

Beispiele des Vorkommens: In Lappland: Gellivara.

In Norwegen: Arendal (2—8 Meter).

In Schweden: Dalarne und Westmanland (Bispberg, Norberg, Nora), Wermland (Presberg, Taberg, Philipstad), Dannemora (60 Meter), Utö (6 Meter, mit Eisenglantz), Småland (Taberg bei Jönköping).

In Finnland: Helsingfors.

Im Ural: Blogodat, Katschkanar, Wisso-Kaja-Gora, Magnitnaja.

In Canada: Newborough, Hull, Madoc.

In den Vereinigten Staaten: New-York (Essex und Clinton), New-Hampshire (Franconia), New-Jersey (Succasunny).

Untergeordnet: In Preussen: Schmiedeberg (Schlesien), Schmiedefeld (Thüringer Wald).

In Ungarn: Rosenau, Göllnitz etc.

Der Magneteisenstein ist kenntlich am schwarzen Strich.

An das Magneteisenerz schließt sich an:

Franklinit, aus Eisen, Zink, Mangan und Sauerstoff bestehend,
mit ca. 45 $\frac{0}{0}$ Eisen und 20 $\frac{0}{0}$ Zink = $\left\{ \begin{matrix} (\text{Fe}, \text{Zn})_3 \\ (\text{Fe}, \text{Mn})_3 \end{matrix} \right\} \text{O}_6$.

Er kommt in New-Jersey (Vereinigte Staaten) zwischen Franklin und Stirling vor und wird auf Zink und Eisen nacheinander verworthen.

2. Rotheisenerz.

Der eisenhaltige Bestandtheil des Rotheisenerzes ist Eisenoxyd. Mit demselben zusammen kommen nicht selten Eisenoxydoxydul, Eisenoxydhydrat und kohlensaures Eisenoxydul vor. Als Beimengungen finden sich hauptsächlich Kalkspath, Dolomit und Quarz, sowie Thon, als Verunreinigungen namentlich Schwefelkies und phosphorsaurer Kalk.

Die Menge der fremden Substanzen wechselt sehr. Durchschnittlich liegt der Eisengehalt zwischen 30 und 40 $\frac{0}{0}$.

Das Rotheisenerz kommt in verschiedenen Varietäten vor:

1) Krystallisirt, in großen (rhomboedrischen) Krystallen als Eisenglanz, in schuppigen Krystallen als Eisenglimmer oder Eisenrahm.

2) In kugligen und nierenförmigen Absonderungen mit strahliger Textur als rother Glaskopf oder Blutstein (Hämatit).

3) Dicht, derb als Rotheisenstein, erdig oder mulmig als gemeines Rotheisenerz oder Rotheisenmulm, zuweilen in Körnern als oolithisches Rotheisenerz oder rother Rogeneisenstein.

Die krystallisirten Varietäten und der Glaskopf treten selten allein auf, finden sich vielmehr meist mit den dichten Varietäten auf denselben Lagerstöcken.

Das Rotheisenerz kommt von den ältesten Gesteinen bis aufwärts zur Kohlenkalkformation einschliesslich häufig, sowohl auf Lagern, als Gängen vor, ist dagegen in jüngeren Formationen selten. Die dichten Varietäten sind meist an Kalkstein, Grünstein und Schalstein gebunden.

Beispiele des Vorkommens:

In England: Cumberland und Nord-Lancashire (Whitehaven, Cleator, Stainton, Dalton, Glaskopf und Eisenrahm im Kohlenkalke).

In Deutschland: Sudeten (Willmansdorf bei Jauer, dichter Rotheisenstein im Thonschiefer); Erzgebirge (Erla, Rotheisenstein und Eisenglanz zwischen Granit und Gneifs); Harz (Elbingerode

und Büchenberg, dichter Rotheisenstein und Eisenglanz im Devon); Thüringer Wald (Schmiedefeld, Rotheisensteingänge im Syenit und Silur); Sauerland (Olsberg — Bredelar — Adorf, dichter Rotheisenstein und Eisenglanz mit Schalstein und Hyperit im Oberdevon); Lahnggebiet (Königsberg — Wetzlar — Weilburg — Dietz und Wommelshausen — Dernbach — Dillenburg, dichter Rotheisenstein und Eisenrahm mit Schalstein im Oberdevon); Eifel (Schleiden, oolithischer Rotheisenstein im Devonischen Kalke, Lommersdorf, dichter Rotheisenstein auf Gängen in Devonischen Schiefern).

In Böhmen: Skalkaberg, Studenyberg, Komorau, linsenförmige rothe Rogeneisensteine im Silur.

In Belgien: Vezin, Namur, oolithische Rotheisensteine (*mineral violet, fer oligiste*) im Devon und Kohlenkalke.

In Italien: Insel Elba, Eisenglanz im Glimmerschiefer.

In den Vereinigten Staaten: Michigan, Eisenglanz und Rotheisenstein im azoischen Schiefer; Missouri (*Iron mountain, Pilot knob*) Rotheisenstein und Eisenglanz mit Porphyr.

Die Rotheisenerze sind kenntlich am rothen Strich.

An das Rotheisenerz schließt sich an: Der Titaneisenstein = $(\text{Fe, Ti})\text{O}_3$ mit 2—5,7 % Titan. Derselbe kommt meist in Sandform als natürliches Aufbereitungsprodukt an Meeres- und Seegestaden vor.

(Z. B. zu Taranacki in Neu-Seeland, Avellino in Italien, Egersund in Norwegen).

3. Brauneisenerz.

Der eisenhaltige Bestandtheil des Brauneisenerzes ist Eisenoxydhydrat. Dasselbe ist häufig ein Zersetzungsprodukt anderer Eisenerze und kommt daher oft mit diesen zusammen vor.

Auch aus der Zersetzung von Schwefelkies bildet sich Brauneisenerz, daher letzteres häufig als Ausgehendes anderer Erzgänge auftritt (eiserner Hut).

Beimengungen sind vorzüglich Quarz und Thon, aber auch Kalk und Dolomit. Als Verunreinigungen treten auf: Schwefelkies, Bleiglanz, Zinkblende, Galmei, seltner Schwerspath und Gyps, sodann Apatit und Vivianit, als gern gesehene Begleiter finden sich häufig Manganerze (namentlich Braunstein). Schwefelverbindungen herrschen gewöhnlich in den älteren, Phosphorverbindungen in den jüngeren Erzen dieser Art vor.

Die Menge der Nebenbestandtheile schwankt sehr, so daß der Eisengehalt ebenso wohl bis nahe an 60 % steigt, als bis auf 20 % fällt, mit welcher letzteren Gränze gewöhnlich die ökonomische Verwerthbarkeit aufhört.

Das Brauneisenerz kommt entweder in nierenförmigen, traubenför-

migen und stalaktitischen Formen mit feinfasriger Struktur als brauner Glaskopf oder dicht vor.

Im letzteren Falle ist es theils erdig und ockrig (gemeines Brauneisenerz, mulmiges Brauneisenerz), theils dicht (Brauneisenstein) und tritt dann zuweilen in Form von Schalen (Schaleneisenstein), meist aber in Form von gröfseren oder kleineren Kugeln (Niereenerz, Bohnerz, Linsenerz, Rogenerz) auf.

Krystallisirte Varietäten (Rubinglimmer, Göthit) gehören zu den mineralogischen Seltenheiten.

Brauneisenerz kommt in allen Formationen vor; brauner Glaskopf hauptsächlich in den älteren. Noch gegenwärtig fortdauernde Bildungen bezeichnet man als Rasen-, Morast- oder Wiesenerze und als Seeerze.

Beispiele des Vorkommens:

In Deutschland: Norddeutsche Tiefebene (phosphorhaltige Raseneisenerze in allen Flußniederungen); Oberschlesien (Tarnowitz, Beuthen, Grofsstein, zink- und bleihaltige mulmige Brauneisenerze auf dem Muschelkalk); Thüringer Wald (Kamsdorf, Brauneisenstein mit Spatheisenstein im Zechstein); Harz (Harzburg, Goslar, Salzgitter, Bohnerze und Rogenerze in Jura- und Kreide-Formation); Wesergebirge und Teutoburger Wald (Altenbeken, Willebadessen, Bohn- und Rogenerze in der Juraformation; Hüggel bei Osnabrück, Brauneisenerz im Zechstein); Siegerland: Glaskopf und Brauneisenstein mit Spatheisenstein (auf Gängen im Devon); Lahnggebiet (Braunfels, Tiefenbach, Nieder-Cleen, Brauneisenerz mit Rotheisenerz); Stolberg bei Aachen, (zink- und bleihaltige mulmige Brauneisenerze im Devon und Kohlenkalk); Fränkischer Jura und Rauhe Alp (Altenacker, Sassenreuth, Amberg, Wasseralfingen, Bohn- und Rogenerze im braunen Jura); Lothringen (Dietenhofen bis Nanzig, oolithische Brauneisenerze mit kalkigem Bindemittel in der Juraformation, Kalk-Minette); Luxemburg, (oolithische Brauneisenerze mit kieseligem Bindemittel in der Juraformation, Kiesel-Minette).

In Oesterreich: Krain (Feistritz, Bohnerze, Uebergänge zu Bauxit); Böhmen (Unhoschter Bezirk, Rogenerze und Glaskopf mit Rotheisenstein im Silur, Nucicer Erze).

In Frankreich: Champagne und Bourgogne (Château Villain, Douchery) Brauneisenstein in der Juraformation; Franche Comté, Bohnerze auf Jura und Kreide; Cher und Nièvre, Rogenerze (*Minerai du Berri*) im Tertiär und auf dem Jura; Ain, Rogenerze im Jura; Périgord, manganreiche Brauneisenerze im Tertiär; Pyrenäen, brauner Glaskopf auf Gängen im krystallinischen Gestein und im Silur.

In Belgien: Gebiet der Vesdre und der Ourthe: Zink- und bleihaltige mulmige Brauneisenerze auf Dolomit.

In Schweden: Saeerze in den Seen von Småland, Gottland, Wermland (ebenso in Finnland).

Die Brauneisenerze sind kenntlich am gelbbraunen Strich.

Bei den jüngeren Erzen dieser Art ist vielleicht in Folge höheren Gehalts an Hydratwasser der Strich oft fast rein gelb (Gelbeisenerze).

4. Spath-, Thon- und Kohlen-Eisenerze.

Der eisenhaltige Bestandtheil dieser Erze ist kohlenaures Eisenoxydul. Ein Theil des Eisens ist stets durch Manganoxydul (dessen Menge wesentlich zur Werthbestimmung beizutragen pflegt), Magnesia und Kalk vertreten. Zahlreiche Uebergänge in Braun- (Braun- und Blauerz) und Roth-, seltner Magnet-Eisenerz kommen vor.

Spatheisenstein.

Spatheisenstein (Spatheisenerz) heißt das kohlenaure Eisenoxydul im krystallisirten und blättrig krystallinischen Zustande. Der Manganoxydulgehalt steigt in den krystallinischen Varietäten oft bis 11 $\frac{0}{0}$.

Die Beimengungen bestehen in Quarz oder Kalkspath, die Verunreinigungen, welche meist gering sind, hauptsächlich in Kupferkies und Bleiglanz, seltner in Schwefelkies, Zinkblende, Fahlerz oder Arsenkies. Der Eisengehalt schwankt gewöhnlich zwischen 30 und 40 $\frac{0}{0}$.

Der Spatheisenstein bildet Gänge und Lager von oft sehr bedeutender Mächtigkeit in den krystallinischen Schiefern und den älteren Flötzformationen bis einschließlic zum Buntsandstein.

Beispiele des Vorkommens:

In England: Devonshire (Brendon hills, auf Gängen im Devon).

In Deutschland: Harz (Dankerode, auf Gängen im Silur); Thüringer Wald (Kamsdorf, stockförmig im Zechstein); Siegerland, 500 Gänge von durchschnittlich 2—6 Meter Mächtigkeit im Devon (Stahlberg 30 Meter, Eiserfeld 25 Meter).

In Oesterreich: Steyermark, linsenförmige Spatheisensteinlager in der Uebergangsformation und an der Gränze des Buntsandsteins (40 Meilen zwischen Reichenau in Oesterreich bis Schwatz in Tirol, am Erzberge bei Eisenerz bis 45 Meter mächtig); Kärnthen, in dem krystallinischen Schiefer von Gmünd bis zum Lavantthal; Ungarn (Schemnitz, Gänge in den krystallinischen Schiefern, Zipser und Gömörer Comitatz, im Thonschiefer).

Selten kommt der Spatheisenstein körnig vor und bildet dann Flötze im Steinkohlengebirge und in der Juraformation. Der körnige

Spatheisenstein ist mit Quarz und Thon gemengt und durch Phosphorsäure oft sehr bedeutend verunreinigt. Der Eisengehalt schwankt zwischen 28 — 40 $\frac{0}{0}$ und beträgt durchschnittlich 34 — 35 $\frac{0}{0}$.

Beispiele des Vorkommens:

In England: Cleveland Distrikt (Eston), 5 — 6 Meter mächtiges Flötz im Lias (Bolkow 1847).

In Deutschland: Westfalen (Hattingen) in der Steinkohlenformation.

Thon- und Kohleneisenstein.

Ist das kohlen-saure Eisenoxydul innig mit Thon oder Mergel (seltner Sand) gemengt, so büßt es seine krystallinische Beschaffenheit ein, erscheint mit dichtem muschligen Bruche und bildet concentrisch-schalige Kugeln, welche mehr oder weniger dicht an einander gedrängt auf Lagern vorkommen. Es wird in diesem Zustande Thoneisenstein oder Sphärosiderit genannt.

Nur selten vereinigen sich die Kugeln zu zusammenhängenden Lagern (*Clay-bands*).

Außer den Beimengungen von Thon, Mergel, Sand, Kalk, sind Schwefelmetalle und phosphorsaure Salze häufige Verunreinigungen.

Der Eisengehalt schwankt gewöhnlich zwischen 28 und 35 $\frac{0}{0}$.

Tritt zum Thoneisenstein Steinkohle, so ertheilt ihm dieselbe ein gestreiftes, geschichtetes Ansehen und er erhält dann den Namen Kohleneisenstein oder Schwarzstreif (Blackband). In diesem Zustande bildet er zusammenhängende Lager. Die Verunreinigungen sind dieselben wie die des Thoneisensteins, doch ist Schwefelkies und phosphorsaurer Kalk meist noch reichlicher vertreten.

Der Eisengehalt pflegt zwischen 24 und 30 $\frac{0}{0}$ zu schwanken.

Der Kohleneisenstein kommt nur in der Steinkohlenformation vor, der Thoneisenstein zwar vorzüglich ebendasselbst, aber untergeordneter auch in allen andern Formationen.

Beispiele des Vorkommens:

In Schottland: Kohleneisenstein im Steinkohlengebirge zwischen Edinburgh und Glasgow (Mushet 1801).

In England: Steinkohlengebiet von Yorkshire und Derbyshire, Thoneisensteine; Steinkohlengebiet von Süd-Staffordshire, Thoneisensteine; Steinkohlengebiet von Süd-Wales, Thon- und Kohleneisensteine.

In Deutschland: Oberschlesien, Thoneisensteine (Myslowitz, Kattowitz, Zalenze, Nicolai, im Steinkohlengebirge; Ludwigsdorf, Babkowsky im Keuper; Dammratsch im Tertiär); Waldenburger Kohlenggebiet, Thon- und Kohleneisensteine; Ruhr-Kohlenggebiet, Thon- und Kohleneisensteine (1851); Wesergebirge (Porta-West-

phalica), Sphärosiderit im Tertiär; Siebengebirge, Thoneisensteine im Tertiär.

In den Vereinigten Staaten: Thon- und Kohleneisensteine in der Appalachischen Kohlenmulde und den Steinkohlenegebieten von Illinois, Ohio und Michigan.

Dritter Abschnitt.

Die Brennmaterialien.*)

Um das Eisen aus seinen Erzen abzuscheiden, und es in Handelswaare überzuführen, bedarf man hoher Temperaturen. Dieselben erzeugt man durch Verbrennung von wesentlich aus Kohlenstoff bestehenden Körpern in atmosphärischer Luft.

Nur bei einzelnen Prozessen im Eisenhüttenwesen wird die Verbrennung anderer Stoffe, z. B. beim Bessemerprozeß die des Siliciums und des Eisens als Wärmequelle benutzt.

Der nasse Weg, d. h. die Behandlung mit Flüssigkeiten bei gewöhnlicher Temperatur findet im Eisenhüttenwesen nur ganz untergeordnete Anwendung z. B. zur Reinigung der Erze von schwefelsauren Salzen.

Die kohlenstoffhaltigen Körper, welche zu dem genannten Zwecke verbrannt werden, heißen Brennmaterialien. Alle Brennmaterialien des Eisenhüttenmannes bestehen aus der Pflanzenfaser oder deren Derivaten.

Aus anderen Quellen stammende Brennmaterialien, welche in anderen Zweigen der Technik Verwendung finden, wie Spiritus Petroleum, kommen bisher im Eisenhüttenwesen noch nicht zur Benutzung.

Die Pflanzenfaser wird theils im unveränderten Zustande als Holz, theils in ihren natürlichen Vermoderungsprodukten als Torf, Braunkohle und Steinkohle, theils in den aus ihr künstlich hergestellten Verkohlungsprodukten als Holzkohle und Koks oder den gasförmigen Produkten Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff verwerthet.

Die festen Brennmaterialien bestehen aus einem organischen und einem unorganischen, bei der Verbrennung zurückbleibenden Theile. Letzterer wird Asche genannt.

*) Percy-Knapp, Met. I, S. 66—210; Muspratt-Stohmann-Kerl techn. Chemie III, S. 59.

Der organische Bestandtheil enthält neben Kohlenstoff, gewöhnlich Wasserstoff, Sauerstoff und geringe Mengen Stickstoff. Der Sauerstoff kann mit dem Wasserstoff kombinirt gedacht und die ihm entsprechende Menge Wasserstoff daher als bereits zu Wasser verbrannt gedacht werden. Dieses Wasser nennt man chemisch-gebundenes oder kurz chemisches Wasser, im Gegensatz zu dem im fertig gebildeten Zustande vorhandenen, meist aus der Atmosphäre aufgenommenen hygroskopischen Wasser, welches ohne weitere Zersetzung des Brennstoffes bei 100° entfernt werden kann. Als brennbare Substanzen können demnach in den festen Brennmaterialien nur der Kohlenstoff und der über die zur Bildung des chemischen Wassers nöthigen Mengen vorhandene Wasserstoff (der überschüssige oder freie Wasserstoff) angesehen werden.

Durch Vermoderung werden, ebenso wie durch Erhitzung unter Luftabschluß Wasserstoff und Sauerstoff entfernt, indessen Sauerstoff in einer (im Vergleich zu dem Verhältniß der Wasserbildung) größeren Menge als Wasserstoff, so daß um so mehr überschüssiger Wasserstoff existirt, je weiter die genannten Prozesse vorgeschritten sind. Gleichzeitig mit dem Wasserstoff und Sauerstoff wird Kohlenstoff ausgetrieben, aber nach vollständiger Entfernung von Wasserstoff und Sauerstoff bleibt stets noch eine mehr oder minder große Menge reinen Kohlenstoffs von der organischen Masse übrig.

Der bei der Erhitzung eines festen Brennmaterials mit Wasserstoff verbunden entweichende Kohlenstoff, kann als Kohlenwasserstoff ein gasförmiges Brennmaterial bilden und ferner kann, da der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zwei Oxydationsstufen eingeht, durch absichtliche Erzeugung der niedrigeren von Beiden, des Kohlenoxydes, ein gasförmiges Brennmaterial gewonnen werden.

Die Combination von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in der organischen Masse der Brennmaterialien ist sehr verwickelt. Es bestehen zahlreiche Körper neben einander, welche theils aus allen drei Elementen, theils nur aus zwei derselben zusammengesetzt sind.

I. Das Holz.

Zusammensetzung des Holzes.

Das Holz besteht aus Pflanzenfaser, Pflanzensaft und Aschenbestandtheilen. Der Pflanzensaft bildet bei seiner Verdickung im Herbst von Neuem Pflanzenfaser.

Die Pflanzenfaser des Holzes ist aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt und zwar annähernd zur Hälfte aus ersterem und zur Hälfte aus den beiden letzteren in dem Verhältniß von 1:8, d. h. dem Verhältnisse der Wasserbildung. Die Aschenmenge wech-

selt zwischen 1,2 und 2,3 $\frac{0}{0}$ und kann im Durchschnitt zu $1\frac{1}{2} \frac{0}{0}$ angenommen werden.

In jungem Holze finden sich 1,23, im älteren Stammholze 1,34, im Astholze 1,54, im Zweigholze 2,27 $\frac{0}{0}$ Asche.

Die Asche besteht hauptsächlich aus Kalkerde (ca. 40 $\frac{0}{0}$) und Kali (ca. 10 $\frac{0}{0}$), ferner aus Magnesia, Natron, Eisenoxyd, Manganoxyd, Kieselsäure und enthält auch Chlor, Schwefel, Phosphor.

Nach der Verbrennung des Holzes bleiben Erden und Alkalien als kohlensaure Salze zurück.

Auch wenn der Saft sich im Baume verdickt hat, enthält das Holz im frisch gefällten Zustande noch eine große Menge hygroskopischen Wassers (durchschnittlich 40 $\frac{0}{0}$), welche indessen durch Trocknen an der Luft bis auf 20 $\frac{0}{0}$ vermindert werden kann.

Lufttrocknes Holz ist daher in seiner organischen Masse zusammengesetzt aus

40 $\frac{0}{0}$ Kohlenstoff,	} Wassers.
20 $\frac{0}{0}$ chemischen	
20 $\frac{0}{0}$ hygroskopischen	

Man unterscheidet harte und weiche Hölzer. Harte Hölzer sind: Ahorn, Birke, Buche, Eiche, Erle, Esche, Ulme. Weiche Hölzer sind: Linde, Pappel, Weide, Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche.

Nach dem Theil des Baumes, aus welchem das Holz stammt, wird unterschieden: Stamm- oder Laibholz, Wurzel- oder Stockholz, Ast- oder Knüppelholz.

Während das spez. Gewicht des aller Luft beraubten Holzes nur zwischen 1,48 und 1,53 schwankt, weicht das spez. Gewicht der Holzarten in dem Zustande, in dem die Poren mit Luft angefüllt sind, sehr bedeutend von einander ab. Die harten Hölzer sind die dichtesten, daher schwersten. Jede Holzart ist um so dichter, je älter und langsamer gewachsen der Baum war, von dem sie stammt.

Durchschnittszahlen sind: Weißbuche 0,77; Steineiche 0,71; Esche 0,67; Birke 0,63; Ulme 0,57; Kiefer 0,55; Erle 0,54; Edeltanne 0,48; Lärche und Fichte 0,47; Schwarzpappel 0,39; 1 Cub.-Meter Holz von der Weißbuche wiegt 465 Kilogr., Eiche 468, Birke 416, Erle 350, Kiefer 374—397 Kilogr.

Fällen, Trocknen und Darren des Holzes.

Das Holz, welches im Walde oder Forste wächst, wird im Winter gefällt, wenn der Saft verdickt ist. Die Bäume, deren Alter 60 bis 100 Jahre (im Turnus) erreichen sollte, werden in Stücke von ca. 1 Meter Länge zersägt, letztere in Scheite gespalten und in Haufen zur Lufttrocknung aufgeschichtet.

In einzelnen Fällen schält man das Holz, was das Trocknen

sehr befördert (z. B. das Eichenholz der Hauberge, dessen Rinde als Lohe verwerthet wird). Wird das Holz zur Hütte geflößt, so muß die Lufttrocknung nach dem Flößen stattfinden.

Bei gut gesetztem Holze rechnet man für Laibholz $\frac{1}{5}$, für Stockholz $\frac{2.1}{5}$, für Astholz $\frac{4.1}{3.5}$ leere Zwischenräume dem Volumen nach.

Für einige Zwecke wird das Holz gedarrt, d. h. bei einer Temperatur von ca. 100° in gemauerten backofenähnlichen Räumen getrocknet. Hierbei wird alles hygroskopische Wasser ausgetrieben.

Steigt die Temperatur auf 140° , so beginnt bereits eine Zersetzung der Holzfaser.

Verkohlung des Holzes.

Behufs Concentration des Kohlenstoffs zersetzt man die Holzfaser durch stärkere Erhitzung bei beschränktem oder ganz gehindertem Luftzutritte.

Im ersten Falle verbrennt anfangs ein Theil des Holzes und die dadurch entwickelte Temperatur zersetzt einen anderen Theil desselben, während späterhin die bei dieser Zersetzung erzeugten brennbaren Kohlenwasserstoffe verbrennen und die Hitze zur fortschreitenden Verkohlung der übrigen Holzmenge hervorrufen. Die Ausführung dieses Prozesses geschieht in Meilern oder Haufen.

Im zweiten Falle, in welchem das Holz in geschlossenen Gefäßen verkohlt wird, erzeugt man die zur Zersetzung nöthige Temperatur lediglich durch Verbrennung eines Quantum fremden Brennmaterials, welches mit dem Holze nicht in Berührung kommt.

Mit der letzteren Art der Verkohlung ist fast stets, mit der ersteren höchst selten eine Gewinnung von Nebenprodukten (Holzessig, Theer) verbunden.

Bei der Erhitzung des Holzes unter vollständigem Luftabschlusse geht zuerst das hygroskopische Wasser fort, dann (bei ca. 140 bis 200°) entwickelt sich neben einem weiteren Theile aus der chemischen Zersetzung der Holzfaser herstammenden Wassers Essigsäure (Methylalkohol, Holzessig), sodann eine Reihe von zum größten Theil leicht kondensirbaren Kohlenwasserstoffen (Holztheer) und schließlich bleibt nur Kohlenstoff (Holzkohle) nebst den Aschenbestandtheilen des Holzes zurück.

Die drei Bestandtheile der Holzfaser erleiden daher die Zersetzung in folgender Reihenfolge: Zuerst geht Sauerstoff mit Wasserstoff combinirt, dann Sauerstoff, Wasserstoff mit Kohlenstoff (Essigsäure = $C_2H_4O_2$), hierauf Wasserstoff mit Kohlenstoff fort. Der Holztheer besteht übrigens nicht allein aus Kohlenwasser-

stoffen, sondern enthält auch noch aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzte Körper.

Je länger die Verkohlung dauert und bei je höherer Temperatur sie vor sich geht, um so freier von Sauerstoff und Wasserstoff ist die zurückbleibende Holzkohle.

Bei der Verkohlung unter beschränktem Luftzutritt bilden sich neben den angegebenen Zersetzungsprodukten noch durch Verbrennung von Kohlenstoff Kohlensäure und Kohlenoxyd, und durch Zersetzung von Wasserdampf neben Kohlenoxyd freier Wasserstoff.

Von der Gröfse des Luftzutritts ist in der Praxis wesentlich das Ausbringen an Holzkohle abhängig. Im Uebrigen sinkt mit der Höhe der Verkohlungstemperatur das Ausbringen, dagegen steigt gleichzeitig der Kohlenstoffgehalt der Kohle.

Die Entzündlichkeit der Holzkohle steigt mit der Erzeugungstemperatur.

Die bei 300 — 400° dargestellte Holzkohle entzündet sich bei der Erzeugungstemperatur, die bei geringerer Hitze dargestellte bei höherer, die bei gröfserer Hitze dargestellte bei niedrigerer Temperatur.

A. Meilerverkohlung.

Die Verkohlung des Holzes unter beschränktem Luftzutritte geschieht in Haufen paraboloidischer Form, welche aus Scheiten zusammengestellt und Meiler genannt werden.

Die Meiler errichtet man da, wo das gefällte Holz steht, d. h. im Walde, nur beim Flößen auf dem Hüttenplatze.

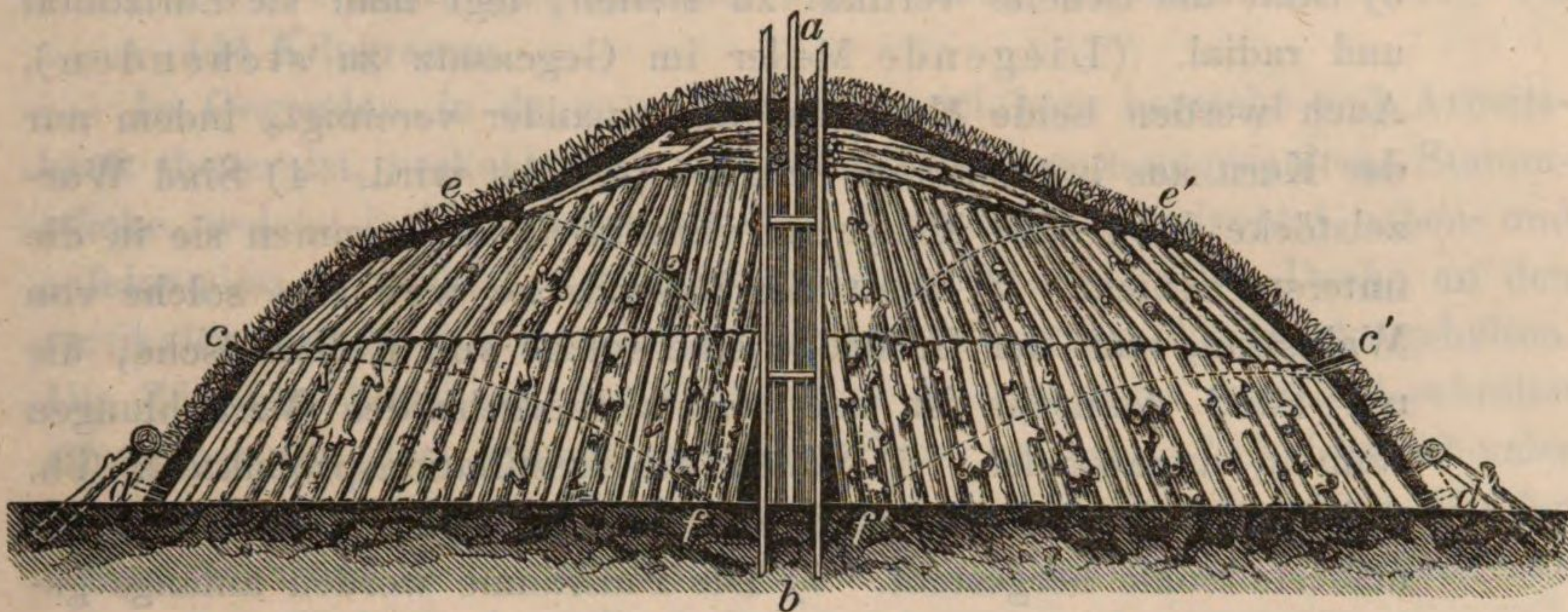
Auf einem geebneten Platze (der Meilerstätte) wird aus drei (ca. 3 Meter langen) Bohnenstangen (*ab* Fig. 1), welche in einem gleichseitigen Dreieck von etwa 20 Centimeter Seitenlänge im Boden befestigt werden, die Axe des Meilers (der Quandelschacht) gebildet. Am Fusse des Quandelschachtes wird ein Kegel aus leichtentzündlichem Materiale (Bränden, Kienspähnen) hergestellt (der Zündkegel *f, f'*) und um diesen werden die Scheite in concentrischen Kreisen mit im Inneren möglichst geringer, nach außen allmähig zunehmender Neigung angeordnet, mit den stärkeren (Wurzel-) Enden nach oben, mit den schwächeren (Zopf-) Enden nach unten. Auf die untere Schicht von Scheiten kommt eine zweite, in welcher die Neigung etwas gröfser wird und die Zopfenden nach oben gekehrt sind. Den Abschluß des Meilers bildet die aus den unregelmäßig geformten Abfällen, wie Zweigen und Wurzeln, zusammengestellte Haube.

Gröfse der Meiler: 80 — 150, selten bis 300 Cub.-Meter. Bestes Verhältniß zwischen Laib-, Ast- und Stockholz = 6 : 1 : 3.

Die Außenfläche des Meilers wird mit dünnem Astholz ausgeglichen

(geschlichtet), dann mit einer Rasendecke (dem Rauchmantel) bekleidet, und letztere noch mit einer Erddecke (dem Erdmantel) versehen. Die beiden Decken — zuweilen nur die äußere Decke (vergl. Fig. 1) — reichen anfangs nicht ganz bis zum Fusse des Meilers hinab.

Fig. 1.



Um das Abrutschen der Decke zu vermeiden, stützt man dieselbe, wie in dem Holzschnitte zu sehen ist, durch Querriegel und Streben.

Nach der Vollendung des Meilers wird der Brandkegel durch eine in den Quandelschacht hinabgelassene Fackel entzündet und der Quandelschacht selbst sofort mit Holzstücken geschlossen.

Das Feuer breitet sich am Quandel nach oben (etwa bis zu den Linien fe und $f'e'$ der Fig. 1) aus. Das hygroskopische Wasser erscheint theilweise condensirt auf der Oberfläche des Erdmantels (der Meiler wird gebäht oder schwitzt).

In den folgenden 24 Stunden, während welcher Zeit häufig durch plötzliche Dampfentwicklung eine Erschütterung der Holzmasse (Werfen oder Schlagen) herbeigeführt wird, müssen durch Verbrennung in der Nähe des Quandels entstehende, grössere Hohlräume mit Holzstücken ausgefüllt werden (das Füllen); dann wird die Decke bis zum Fuße hinab ergänzt (der Meiler wird umfaßt) und der Luftzutritt etwa 12 Stunden ganz abgesperrt (blind gekohlt). Hierauf werden an der Trennungslinie der beiden unteren Holzschichten (2 Centimeter weite) Luftlöcher (Brusträume) gestossen (c und c' , Fig. 1), und das Feuer zieht sich vom Quandel ab bis etwa zu den Linien fc und $f'c'$ (Treiben des Meilers). Ist die Verkohlung bis an die Räume vorgeschritten, was durch das Entweichen blauen Rauches zu erkennen ist, so werden dieselben geschlossen und Fußräume (d und d' Fig. 1), nahe am Boden gestossen. Nachdem nunmehr auch noch der Rest des Holzes verkohlt ist (Zubrennen), wird durch Schließung der Fußräume wieder aller Luftzutritt abgeschnitten.

Abweichungen finden hauptsächlich in folgenden Beziehungen statt: 1) Statt zweier Scheitschichten, werden drei gestellt. 2) Statt des Quandelschachtes wird nur ein Quandelpfahl angewendet; das Zünden geschieht dann durch eine radial vom Brandkegel bis zur Peripherie auf dem Boden offen gelassenen Zündgasse. 3) Statt die Scheite vertikal zu stellen, legt man sie horizontal und radial. (Liegende Meiler im Gegensatz zu stehenden). Auch werden beide Methoden mit einander vereinigt, indem nur der Kern aus horizontalen Scheiten gebildet wird. 4) Sind Wurzelstöcke in großer Menge zu verkohlen, so kommen sie in die unterste Schicht. 5) Statt der Rasendecke wird eine solche von Waldstreu, statt der Erddecke eine solche von Kohlenlösche, die mit Sand gemischt ist und von vorhergehenden Verkohlungen stammt, angewendet. 6) Sollen die Destillationsprodukte z. Th. aufgefangen werden, so wird eine mit Abzugskanal versehene gemauerte Sohle hergestellt. 7) Die Fußräume werden anfangs gestochen und die Brusträume, welche dann nur den Zweck haben die Verkohlung in der Nähe der kühleren Decke zu begünstigen, erst wenn das Feuer bis zu den Linien fc und $f'c'$ vorgedrungen ist.

Nach Vollendung der Verkohlung wird der Meiler behufs Abkühlung einige Zeit sich selbst überlassen und dann nach Entfernung der vorhandenen Decke durch Aufwerfen trockenen oder feuchten Sandes ganz gelöscht. Hierauf werden die Kohlen abtheilungsweis gezogen und soweit nöthig durch aufgesprengtes Wasser gelöscht.

Das Ausbringen an Kohle schwankt dem Gewichte nach zwischen 20 und 25 $\frac{0}{0}$, dem Volumen nach zwischen 50 und 75 $\frac{0}{0}$ (durchschnittlich 55 — 56 $\frac{0}{0}$).

An Zeit gehören für Meiler von ca. 87 — 90 Cub - Meter zum Bähnen 1 Tag, zum Umfassen und Blindkohlen 1 Tag, zum Treiben 8 Tage, zum Zubrennen 4 Tage, zum Abkühlen 1 Tag. Man kommt auf ziemlich richtige Resultate, wenn man pro Meter Durchmesser des Meilers am Fusse, 2 Tage Brennzeit rechnet.

Die Mehrzahl der Kohlen findet sich in größeren Stücken von der Struktur des Holzes. Das Kohlenklein und die feinsten Theile (die Kohlenlösche) werden abgesiebt; unvollständig verkohltes Holz (Brände), welches sich namentlich auf dem Boden findet, wird ausgehalten.

Zeichen guter Kohlen sind: Wohl erhaltene Form ($\frac{1}{12}$ Schwindung), porzellanartiger Klang, Silberglanz oder pfauenschweifige Anlauffarben.

Die Holzkohle saugt auch bei Aufbewahrung unter Dach bis zu 16 $\frac{0}{0}$ Wasser aus der feuchten Luft an.

Harte Kohle vermehrt ihr Gewicht nicht unter 0,8 $\frac{0}{0}$, weiche Kohle nicht über 16,3 $\frac{0}{0}$, durchschnittlich 5 — 8 $\frac{0}{0}$. Mit hinreichenden

Mengen Wassers in Berührung gebracht, saugt die Kohle alle Poren voll und wird unbrauchbar (versaucht).

Das spez. Gewicht der Holzkohle ist bei luftgefüllten Poren durchschnittlich 0,2, bei luftfreien Poren 1,4 bis 1,5.

1 Cub.-Meter Holzkohle wiegt je nach der Härte des Holzes und der Verkohlungs-temperatur 100 — 200, durchschnittlich 112 bis 144 Kilogramm.

In Gegenden, in denen großer Holzreichtum herrscht und Arbeitskraft theuer ist, verkohlt man noch zuweilen längere ungespaltene Stammstücke, welche in Haufen von oblonger Grundfläche horizontal neben- und aufeinander geschichtet werden (Haufenköhlerei). Die Decke an den vertikalen Seitenwänden wird durch ein hölzernes Zaunwerk gehalten. Die Zündung findet an der Mitte einer kurzen Seite statt und schreitet allmählich nach der entgegengesetzten Seite zu vor. Bei hinreichender Länge des Haufens kann man bereits am Anfange desselben Kohlen ziehen, während er in der Mitte seiner Längserstreckung im Brande und am andern Ende noch völlig kalt ist.

Man macht die Haufen etwa 9—12 Meter lang, 2—3 Meter (die Länge der Stammstücke) breit, vorn 0,6, hinten 3—5 Meter hoch.

Verkohlung in Gruben findet sich vielfach in unkultivirteren Ländern.

B. Retortenverkohlung.

Zur Verkohlung des Holzes ohne Luftzutritt hat man sich früher gemauerter Oefen bedient, wendet jetzt aber horizontale gußeiserne Retorten an, die einen kreisrunden oder elliptischen Vertikalquerschnitt haben und deren zwei bis sechs in einem gemauerten Raume neben einander liegen. Unter ihnen wird auf Rosten das billigste Brennmaterial, welches zu Gebote steht und dessen Flamme die Retorten umzieht, verbrannt. Das vordere Ende der letzteren ist mit einer Thür verschlossen, welche zum Eintragen des Holzes und zum Herausnehmen der Holzkohle dient, während sich an das hintere Ende eine Rohrleitung schließt, welche die flüchtigen Verkohlungsprodukte zu Condensationsapparaten führt.

In Schweden findet man noch Ofenverkohlung. In Süd-Wales ist die Retorten-Verkohlung besonders ausgebildet. Die Retorten sind dort 2—3 Meter lang, 0,8—1,2 Meter weit. Es wird schwaches Buschholz bei Steinkohlenfeuerung verkohlt. Zu Risca werden 7000 Kilogr. Holz in 24 Stunden bei 30 Ctr. Steinkohlenverbrauch verarbeitet.

Diese Methode der Verkohlung entspricht am meisten einem rationellen Betriebe und wird überall da Einführung finden müssen, wo die

Transportkosten des Mehrgewichts an Holz nicht die Vortheile einer Verkohlung an einem feststehenden Orte aufwiegen.

Vergasung des Holzes.

Die bei der Verkohlung des Holzes in Meilern und Retorten entwickelten brennbaren Gase pflegt man, wegen ihres Reichthums an Wasser und leicht condensirbaren Bestandtheilen, nicht als besonderes Brennmaterial zu benutzen. Dagegen werden brennbare Gase dadurch erzeugt, daß das Holz nach seiner Umwandlung in Holzkohle im unteren Theile eines schachtförmigen Raumes zu Kohlensäure verbrannt wird. Das Holz, welches in Folge der Verbrennung allmählig niedersinkt, erleidet zuerst eine Verkohlung, da es durch die ihm entgegen aufsteigende Kohlensäure, welche sich gleichzeitig in Berührung mit dem noch nicht verbrannten Theile der gebildeten Holzkohle in Kohlenoxyd umwandelt, erhitzt wird. Das Kohlenoxyd ist in Verbindung mit den brennbaren Gasen der Verkohlung ein brauchbares Brennmaterial. Wird dies gasförmige Brennmaterial durch Abkühlung von dem großen Gehalte an Wasser, welchen es aus dem Holze mitgenommen hat, befreit, oder wird ein bereits gedarrtes Holz verwendet, so steigt sein Werth wesentlich; wird endlich das Holz im völlig verkohlten Zustande angewendet, so kann ein fast reines Kohlenoxyd erhalten werden.

Die so erzeugten Gase nennt man Holz-Generatorgase, weil die Apparate, in denen sie dargestellt werden, den Namen Generatoren führen. Der Hochofen ist ein Generator im großen Mafsstabe.

II. Fossile Brennmaterialien.

Durch Vermoderung der Pflanzenfaser, d. h. eine langsame Zersetzung bei beschränktem Luftzutritte, entsteht in langen Zeiträumen (wie durch Erhitzung in kurzer Zeit) ein kohlenstoffreicheres Produkt, in Folge der Verflüchtigung von Wasserstoff und Sauerstoff neben einem geringen Theile Kohlenstoff. Je nach der Dauer der Vermoderung, welche durch starken Druck der über den Anhäufungen von Pflanzenfaser abgelagerten Erd- und Gesteinsschichten, z. Th. auch durch erhöhte Temperatur begünstigt wird, ist in fortschreitender Entwicklung zuerst Torf, dann Braunkohle, zuletzt Steinkohle da entstanden, wo reichliche Mengen von Pflanzenfaser Gelegenheit gefunden hatten, sich abgeschlossen vom freien Zutritt der Luft abzulagern.

Von diesen Fossilien ist der Regel nach jedes ältere reicher an Kohlenstoff und freiem Wasserstoff, als das vorhergehende jüngere, obwohl es im Einzelnen zahlreiche Uebergänge und übergreifende Zusammensetzungsverhältnisse giebt.

Geologisch rechnet man zum Torf alle noch gegenwärtig andauernden oder in der Diluvialperiode erfolgten Bildungen, zur Braunkohle die der Tertiärformation, zur Steinkohle die älteren fossilen Brennmaterialien, welche im produktiven Steinkohlengebirge ihre größte Entwicklung gefunden haben. In Folge des verschiedenen geologischen Alters ist auch der botanische Charakter abweichend.

1. Torf.

Vorkommen und Zusammensetzung.

Der Torf ist das Vermoderungsprodukt von Sumpfpflanzen und anderen auf feuchtem Boden gedeihenden Gewächsen.

Man unterscheidet nach der botanischen Zusammensetzung: Moostorf (aus Sphagnum-Arten gebildet), Haidetorf (aus Erica- und Calluna-Arten), Wiesentorf (aus Glumaceen) und nennt ihn, wenn er bloß aus Pflanzenfaser besteht, Fasertorf, wenn ihm reichlich Wurzeln, Blätter- oder Holzstücke beigemischt sind: Wurzel-, Blätter- und Holztorf. Bei fortgeschrittener Vermoderung lassen sich Pflanzentheile nicht mehr deutlich unterscheiden und der Bruch wird dicht, erdig (Erdtorf) oder wachsartig (Pechtorf).

Der Torf kommt in Mooren (Wiesen-, Wald- und Hochmoortorf) vor. Die Farbe wechselt je nach dem Grade der Vermoderung von Hellgelb durch Braun bis Schwarz.

Die organische Masse des Torfes besteht im Durchschnitt aus 54 $\frac{0}{0}$ Kohlenstoff, 45 $\frac{0}{0}$ chemischem Wasser, 1 $\frac{0}{0}$ freiem Wasserstoff, sowie geringen Mengen Stickstoff. Außerdem enthält der Torf sehr wechselnde Mengen von Asche (im Durchschnitt 5 $\frac{0}{0}$) und hygroskopischem Wasser (im Durchschnitt nach der Lufttrocknung 25 $\frac{0}{0}$).

Pechtorf enthält in der organischen Masse im Durchschnitt bereits 60 $\frac{0}{0}$ Kohlenstoff, 38 $\frac{0}{0}$ chemisches Wasser, 2 $\frac{0}{0}$ freien Wasserstoff. Der Aschengehalt eines verwertbaren Torfes schwankt zwischen 1—30 $\frac{0}{0}$. Frischer Torf enthält bis 80 $\frac{0}{0}$ hygroskopisches Wasser, lufttrockner zwischen 15 und 35 $\frac{0}{0}$.

Die Asche besteht nur zum kleinen Theil aus eigentlichen Bestandtheilen der Pflanzen, vielmehr hauptsächlich aus eingeschwemmten Erdarten, namentlich Sand und Thon.

In der Asche herrscht Kieselsäure vor, außerdem findet sich Thonerde, Kalkerde, Eisenoxyd, schwefelsaurer Kalk, fast nie fehlt ein Phosphorgehalt, häufig ist das Vorkommen von Schwefelkies.

Das spezifische Gewicht ist wesentlich vom Aschengehalt ab-

hängig. Bei mittlerem Aschengehalt und luftgefüllten Poren schwankt dasselbe zwischen 0,11 und 1,14.

Gewinnung, Trocknen, Darren des Torfes.

Der Torf wird in Stücken mit Spaten durch die Hand oder durch Maschinen (Pflüge) gestochen (Stechtorf), aus lockeren Massen, welche z. Th. mittelst Baggers (Baggertorf) aus dem Wasser gehoben werden, in Formen gestrichen (Streichtorf) oder durch Pressung in kaltem oder warmem Zustande verdichtet (Presstorf).

Die Hauptschwierigkeit des Pressens wird durch den Wassergehalt hervorgerufen, welcher in Fasersäckchen zurückgehalten wird. Die Pressvorrichtungen bestehen theils in Walzen, theils in Kolbenpressen, theils in Centrifugen.

Das Trocknen geschieht am Orte der Gewinnung an wasserfreien Stellen ohne oder unter leichter Bedachung. Das Darren wird selten und dann in backofenförmigen gemauerten Räumen ausgeführt.

Verkohlung des Torfes.

Zur Verkohlung eignen sich nur die aschenfreieren und gleichzeitig dichten, oder durch Pressung verdichteten Torfarten. Die Verkohlung findet theils in Meilern (ähnlich wie beim Holze), theils in gemauerten Räumen statt, denen die nöthige Hitze entweder durch direkte Verbrennung eines Theils des zu verkohlenden Torfes, oder durch Verbrennung auf außerhalb liegenden Rosten mitgetheilt wird.

Im letzten Falle umspülen die heißen Verbrennungsgase entweder den Ofen oder streichen durch die zu verkohlende Torfmasse.

Bei der Verkohlung entsteht in Folge des Stickstoffgehaltes neben Stoffen, welche den Destillationsprodukten des Holzes ähnlich sind, Ammoniak, welches sich bei der Condensation in wässriger Lösung vorfindet.

Vergasung des Torfes.

Während Torf weder im rohen Zustande wegen seines hohen Wassergehaltes und namentlich phosphorreichen Aschengehaltes, noch im verkohlten Zustande wegen der geringen Widerstandsfähigkeit der Torfkohle zu vielen eisenhüttenmännischen Zwecken brauchbar ist, so liefert die Vergasung zu Kohlenoxyd in Generatoren, namentlich nach erfolgter Condensation des Wassers, ein wohl verwendbares Brennmaterial.

2. Braunkohle.

Vorkommen und Zusammensetzung der Braunkohle.

Braunkohle ist das der Tertiärzeit angehörige Vermoderungsprodukt von Coniferenwäldern, welche auf sumpfigem Boden gewachsen, oder deren Bestandtheile an Gestaden zusammengeschwemmt worden sind.

Die einzelnen Pflanzentheile sind mit bloßem Auge nur noch in wenigen Varietäten der Braunkohle zu erkennen.

Nach der Struktur unterscheidet man derbe oder gemeine, fasrige, erdige Braunkohle (zu letzterer gehört die oft hellgelbe Schwälk Kohle), holzige Braunkohle (Lignit), Schieferkohle (je nach der Stärke der Lagen: Grob-, Blatt-, Papierkohle), Pechkohle oder muschlige Braunkohle (Moorkohle, Glanzkohle, Gagat).

Die organische Masse der Braunkohle besteht im Durchschnitt aus 70 $\frac{0}{0}$ Kohlenstoff, 28 $\frac{0}{0}$ chemischem Wasser, 2 $\frac{0}{0}$ freiem Wasserstoff und kleinen Mengen Stickstoff.

Die verschiedenen Varietäten zeigen etwa folgende Abweichungen:

	Kohlenstoff	chem. Wasser	freier Wasserstoff
Fasrige u. gemeine Braunkohle	60 $\frac{0}{0}$	39 $\frac{0}{0}$	1 $\frac{0}{0}$
Erdige „	70	28	2
Pech- „	75	22	3

Der Aschengehalt, welcher durchschnittlich 5 — 10 $\frac{0}{0}$ beträgt, enthält (wie beim Torf) wesentlich eingemengte Erdarten: Sand und Thon. Der Gehalt an hygroskopischem Wasser beträgt nach der Lufttrocknung 20 $\frac{0}{0}$.

Die Aschenbestandtheile sind denen des Torfes ähnlich, doch herrscht gewöhnlich Schwefel reichlicher vor und Phosphor tritt zurück. Der Wassergehalt frischer Braunkohle erreicht 50 $\frac{0}{0}$.

Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 0,8 und 1,5, und beträgt durchschnittlich 1,2 bis 1,3.

Die fasrige Braunkohle hat das geringste, die erdige das höchste spez. Gewicht, Pechkohle liegt in der Mitte.

Gewinnung und Pressung der Braunkohle.

Die Braunkohle wird bergmännisch, häufig in Tagebauen, gewonnen. Sie verliert durch Lagerung an der Luft meist bedeutend an Brennwert und zerfällt oft zu Pulver. Erdige Braunkohle wird angefeuchtet zu Steinen gestrichen oder erwärmt unter Pressen zu (meist cylinderförmigen) Stücken verdichtet.

Verkohlung und Vergasung.

Die Verkohlung der Braunkohle findet behufs Benutzung des erzielten festen Produktes, welches sehr spröde und brüchig ist, für eisenhüttenmännische Zwecke höchst selten statt. Am besten eignet sich noch die gepresste Braunkohle zur Verkohlung.

Häufig ist die Gewinnung des zur Paraffin- und Solaröl-Fabrikation benutzten Theers Hauptzweck der Verkohlung.

Die Vergasung zu einem kohlenoxydreichen Brennmaterial in Generatoren bietet wie beim Torf meist die vortheilhafteste Verwerthung der Braunkohle im Gebiete des Eisenhüttenwesens.

3. Steinkohle.

Vorkommen und Zusammensetzung.

Die Steinkohle, das am weitesten vorgeschrittene Produkt der Vermoderung, besteht hauptsächlich aus den Resten der Pflanzenfaser von Palmen (Sigillarien), Schachtelhalmen (Equisetaceen) und Farren (Feliciden). Pflanzentheile sind selbst durch sorgfältige mikroskopische Untersuchungen nur noch schwierig nachzuweisen.

Nach der Struktur unterscheidet man Schieferkohle (je nach der Stärke: Grob- und Blätterkohle), Pechkohle (Cannelkohle, Gagat) und Faserkohle.

Die Fasern entsprechen nicht wie bei jüngeren Brennmaterialien den Resten der Pflanzenfasern.

Nach dem Verhalten bei der Erhitzung unter Luftabschluß wird unterschieden: Back- oder Fettkohle, Sinterkohle und Sand- oder magere Kohle.

Kleine Stücke der Backkohle bilden bei der Erhitzung zusammenhängende Klumpen, größere Stücke der Sinterkohle fallen nicht aus einander, ebensolche Stücke der Sandkohle zerspringen in kleine Stücke.

Der organische Bestandtheil der Steinkohle ist durchschnittlich aus 83 $\frac{0}{100}$ Kohlenstoff, 13 $\frac{0}{100}$ chemischem Wasser, 4 $\frac{0}{100}$ freiem Wasserstoff zusammengesetzt. Der Kohlenstoffgehalt und gleichzeitig der freie Wasserstoffgehalt ist in der Sandkohle am geringsten, größer in der Sinterkohle, am höchsten in der Backkohle. Bei noch höher steigendem Kohlenstoffgehalt sinkt der freie Wasserstoffgehalt wieder. Man nennt dann die Kohle Anthrazit.

Anthrazit ist meist geologisch älter als die eigentliche Steinkohle und wird deshalb, sowie wegen der abweichenden Zusammensetzung häufig als besondere Art fossilen Brennmaterials von der Steinkohle getrennt. Der Struktur nach gehört er gewöhnlich zur Faserkohle.

Die einzelnen Varietäten der Steinkohle haben folgende durchschnittliche Zusammensetzung:

Sandkohle	77 $\frac{0}{100}$	Kohlenstoff,	20 $\frac{0}{100}$	chem. Wasser,	3 $\frac{0}{100}$	freien Wasserstoff,
Sinterkohle	84	"	12,5	"	3,5	"
Backkohle	87	"	9	"	4	"
Anthrazit	95	"	2	"	3	"

Der Aschengehalt schwankt zwar zwischen 1 und 30 $\frac{0}{0}$, übersteigt indessen gewöhnlich nicht die Gränzen von 3 — 7 $\frac{0}{0}$. Die Asche besteht hauptsächlich aus eingeschwemmtem Thone.

Neben Kieselsäure und Thonerde kommen die Oxyde des Eisens und Mangans, Kalkerde, Magnesia, als sehr nachtheilige Bestandtheile Gyps und besonders Schwefelkies vor.

Der Gehalt an hygrokopischem Wasser ist unbedeutend, selten über 5 $\frac{0}{0}$, und nimmt durch Liegen an der Luft weder wesentlich ab noch zu.

Entzündlichkeit und Flammbarkeit sind bei Backkohle am größten, es folgt Sinter-, dann Sandkohle, zuletzt Anthrazit.

Das spez. Gewicht ist bei Backkohle durchschnittlich 1,25, bei Sinterkohle 1,3, bei Sandkohle 1,35, bei Anthrazit 1,5.

Bei Backkohle sinkt das spez. Gewicht bis 1,1; es steigt bei Anthrazit bis 1,75.

1 Cub.-Meter Steinkohle wiegt 720—1100, durchschnittlich 900 bis 940 Kilogr.

Aufgestürzte Steinkohlen enthalten ca. $\frac{2}{5}$ leere Zwischenräume.

Gewinnung, Lagerung und Aufbereitung der Steinkohle.

Die Steinkohle wird bergmännisch gewonnen und als Stückkohle oder Kleinkohle von verschiedener Korngröfse gefördert. Durch Lagerung an der Luft verlieren einige Arten der Steinkohle, namentlich die gasreichen, bedeutend an Brennwerth, andere werden kaum verändert. Die Stückkohle giebt das hauptsächlichste Material für Flammen- und Gasfeuerung, die Kleinkohle für die Verkokung.

Ist die Kohle durch Schiefertheile (an denen meist gleichzeitig Schwefelkies haftet) verunreinigt, so wird sie behufs der mechanischen Aufbereitung absichtlich zerkleinert.

Die feinsten (Staub-) Kohlen, welche sich z. Th. schwierig oder gar nicht verkoken lassen, werden mit Pech oder Theer erhitzt und in Form von Ziegeln (Kohlenziegeln, Briquettes) geprefst.

Die mechanische Aufbereitung der Steinkohle, d. h. die Trennung von den spez. schwereren Gesteinstheilen, geschieht nach der Zerkleinerung auf eine gleiche Korngröfse in einer intermittirend bewegten Wassersäule, auf Setzsieben, welche meist derart arbeiten, daß die abgesonderte (leichtere) Kohle mit dem abfließenden Wasserstrom ununterbrochen abgeführt, der (schwerere) Schiefer dagegen von Zeit zu Zeit durch ein Ventil abgezapft wird.

Verkokung der Steinkohle.

Das Verkohlungsprodukt der Steinkohle nennt man Koks *).

Die Darstellung der Koks findet z. Th. (wie die der Holzkohlen) bei beschränktem Luftzutritt statt, wobei ein gewisser Theil der Steinkohle verbrennend, die Hitze zur Verkokung der übrigen Menge erzeugt; z. Th. — und dies ist unter allen Umständen das Rationellere — unter Abschlufs der Luft in gemauerten Retorten, welche von aussen durch Verbrennung der bei der Verkokung selbst entwickelten brennbaren Gase erhitzt werden.

Eine Gewinnung der Nebenprodukte ist mit der Verkokung dann, wenn die Erzeugung der Koks Hauptsache, selten verknüpft, da die vollkommene Verbrennung der erzeugten Kohlenwasserstoffe hierbei zur Hervorbringung der nöthigen Hitze erforderlich ist.

Bei der Verkokung entwickeln die Steinkohlen, nachdem das hygroskopische Wasser ausgetrieben ist, Gasarten, die zum grössten Theil aus Kohlenwasserstoffen (besonders Gruben- und Elaylgas), ferner aus Wasserstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Stickstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff bestehen, und Theer, welcher neben leicht condensirbaren Kohlenwasserstoffen noch Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält.

Bei der Leuchtgasfabrikation sind die Gase Hauptprodukt, das in wässriger Lösung aufgefangene Ammoniak, der Theer und die zurückbleibenden Koks Nebenprodukte.

Die Kohlenwasserstoffe sind bei hoher Temperatur unter Abscheidung von Kohlenstoff meist leicht zerlegbar, wenigstens bis zur Verbindung des Grubengases. Je kohlenstoffreichere Kohlenwasserstoffe sich entwickeln und je höher die Temperatur ist, um so reichlicher scheidet sich Kohlenstoff aus und dieser setzt sich in äusserst feinen Theilen, Haarröhrchen bildend, ab.

Das geflossene Ansehen vieler Koks ist nicht die Folge einer Schmelzung, sondern der feinen Vertheilung jenes abgesetzten Kohlenstoffs.

Die Backkohle zeigt diese Eigenschaft im höchsten Grade; die Kohlenstoffröhrchen sind so verzweigt, daß einzelne getrennte Stücke dadurch zusammenwachsen. Bei der Sinterkohle werden nur die nahe gelegenen Theile eines und desselben Stückes vereinigt. Bei der Sandkohle gelingt es nur unter ganz besonderen Vorsichtsmafsregeln das durch die Ausdehnung in der Hitze begünstigte Zerfallen auszugleichen. Beim

*) Englisch Cokes (von coquere), nicht coaks (von coagere), daher auch im Deutschen Koks oder Kohks, mit dem freilich weniger gebräuchlichen Singular Kok oder Kohk.

Anthrazit ist dies gar nicht mehr möglich; er zerspringt oft in äußerst kleine Theile.

Je mehr Gase eine Kohle beim Verkoken entwickelt, und je schneller ein und dieselbe Kohle erhitzt wird, um so poröser werden die Koks. Je höher der Druck (also je höher z. B. die Kohlensäule) ist, um so dichter werden die Koks.

Backkohlen nehmen unter geringem Drucke (z. B. in Meilern und Haufen) an Volumen bis zu 20 $\frac{0}{0}$ zu; Sinterkohlen behalten durchschnittlich ihr Volumen bei, Sandkohlen schwinden um ca. 10 $\frac{0}{0}$.

Je höher die Verkokungstemperatur und je freier der Luftzutritt, um so kohlenstoffreicher und um so schwerer entzündlich werden die Koks.

Bei der Verkokung geht ein Theil des Schwefels (aus dem Schwefelkies) fort; der rückständige Theil wird vermindert durch Aufspaltung von Wasser (Löschen), wobei Schwefelwasserstoff gebildet wird.

A. Verkokung unter Zutritt der Luft.

a) In Haufen.

Die Verkokung unter Luftzutritt geschieht gegenwärtig meist in Haufen, welche auf ebenen, gewöhnlich gepflasterten Sohlen aufgeschüttet und bei kreisförmigem Horizontalquerschnitt Meiler, bei oblongem Querschnitt im engeren Sinne des Wortes Haufen genannt werden. Die Methode eignet sich nur für Sinter- und Sandkohle in Stücken; Kleinkohle kann nur als Decke in geringer Menge verwerthet werden.

Behufs hinreichender Luftzuführung ins Innere der Haufen werden auf der Sohle Zugkanäle von Steinkohlenstücken gebildet, welche in einen oder mehrere vertikale, essenartig wirkende Züge (Quandelschächte) münden.

Letztere werden theils für jeden Brand aus Steinkohlenstücken besonders errichtet, theils aus Ziegeln permanent hergestellt.

Die Zündung sollte stets von Innen (wie bei den Holzmeilern) stattfinden, da bei der allerdings gewöhnlich am äußeren Rande erfolgenden Inbrandsetzung die Wärmezeugung auf Kosten von Kohlen (nicht von Gasen) geschieht. Bei Haufen läßt man die Verbrennung meist von einer kurzen Seite zur entgegengesetzten fortschreiten.

Als Decke wird angefeuchtetes Steinkohlenklein, besser Koksklein (Zünder) von der vorhergegangenen Verkokung, angewendet. Zuweilen wird eine Decke erst nach dem Abflammen, hin und wieder gar nicht gegeben.

Die Meiler erhalten 3 — 4, selten bis 7 Meter Durchmesser am Fusse, 2 — 3, selten bis 5 Meter Höhe, die Quandelschächte 25 — 30 Centimeter lichten Durchmesser. Die Haufen werden 20 — 50, ja 100 Meter lang, an der Sohle 2 — 4 Meter breit,

1 — 2 Meter hoch, mit 45° Böschungswinkel angelegt. Die Quandelschächte liegen in der Mittellinie je 2 — 2,5 Meter von einander entfernt.

Gemauerte unterirdische Zugkanäle zur Abführung und Condensation von Theer u. s. w. finden sich z. Th. in England.

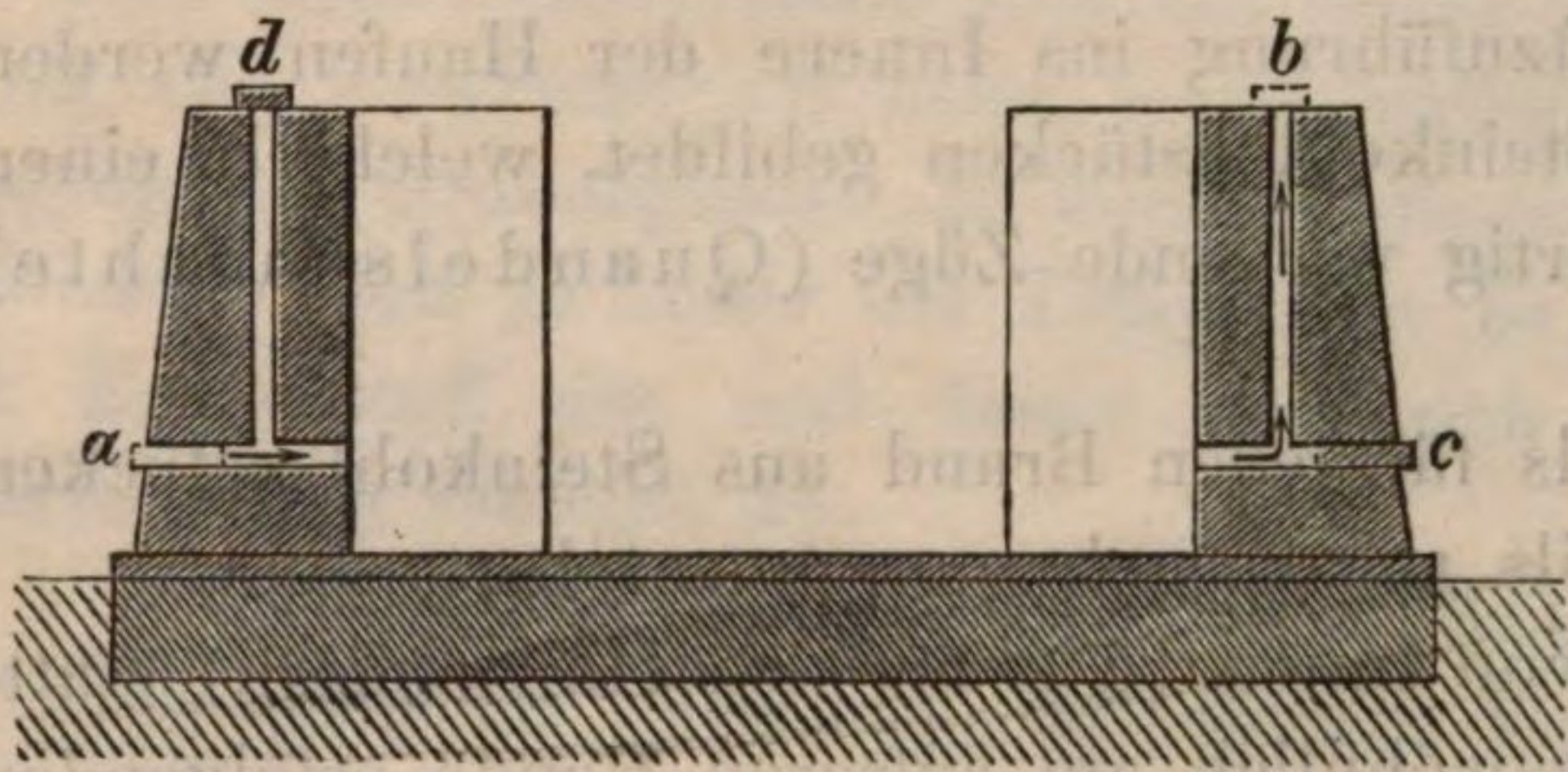
Nach Vollendung der Verkokung, welche durch Aufhören der russenden gelben oder rothen Flamme und Eintreten einer weissen oder blauen Färbung gekennzeichnet wird, werden die Quandelschächte geschlossen, die Mündungen der horizontalen Züge zugestossen und wenn nöthig die Decken verstärkt. Die meist noch glühend gezogenen Koks werden mit Wasser gelöscht.

Ein Meiler von 4 Meter Durchmesser und 2 Meter Höhe brennt 2 — 3 Tage und kühlt 3 — 4 Tage. Die größten Meiler brauchen 10 Tage Brandzeit. Bei Haufen, welche an einer kurzen Seite angezündet werden, pflegt man Setzen, Verkoken und Ziehen zu vereinigen.

b) In Stadelöfen.

Die Unvollständigkeit in der Regulirung der Luftzuführung und der meist dadurch bedingte grofse Abbrand bei der Haufenverkokung, hat zur Errichtung von Umfassungsmauern Veranlassung gegeben, die man Stadelöfen oder Schaumburger Oefen nennt.

Fig. 2.



In Fig. 2 ist ein solcher Ofen im Vertikalschnitt abgebildet. Die beiden Längsmauern (*ad* und *bc*) haben eine Länge von 10 — 15, selten bis 30 Meter, sind 1 — 1,6, selten bis 2,3 Meter hoch und in einer lichten Entfernung von 2,5 — 4,4 Meter angelegt.

Die kurzen Wände sind nicht ganz geschlossen, um Raum zum Füllen und Entleeren zu lassen. Die Thore werden indessen beim Verkoken mit Steinen lose zugesetzt. In den Mauern sind horizontale Zug-Canäle (*a* und *c*) und darauf stehende vertikale Züge (*b* und *d*) angelegt, von je 16 Centimeter Quadrat und in Entfernungen von 0,5 — 0,6 Meter.

Der Theil unter den Horizontalzügen wird mit Kohlenklein, der übrige Raum mit Stückkohlen von einer nach oben abnehmender Grösse gefüllt, worauf zuletzt eine dichte Decke von nassem Kohlenklein, Zündern oder Lehm folgt.

Gezündet wird von *a* und *c* aus; dann wird die Reihe der horizon-

talen Züge auf einer und die der vertikalen auf der andern Seite (z. B. *c* und *d*) geschlossen, nach einigen (2—12) Stunden der Zug umgedreht (d. h. *c* und *d* geöffnet, *a* und *b* geschlossen) und so oft gewechselt bis auf beiden Seiten aus den vertikalen Zügen rauchfreie weiße oder blaue Flamme entweicht.

Ein Stadelofen von 15 Meter Länge, 1,6 Meter Höhe, 2,5 Meter Weite bedarf zur Verkokung 6—8 Tage.

c) In geschlossenen Oefen.

Behufs besserer Ausnutzung der beim Verkoken in Haufen und selbst in Stadelöfen reichlich verloren gehenden Wärme führte man geschlossene Oefen ein.

Die geschlossenen Oefen werden mit quadratischem, kreisförmigem, oblongem und birnenförmigem Horizontalquerschnitte hergestellt und mit Tonnen- oder Kuppelgewölbe, in dem sich die Esse zum Abzug der Verkokungsgase befindet, versehen. An einer Seite liegt die mit Luftzuführungsöffnungen ausgestattete Einsatz- und Ausziehthür, welche meist geringere Breite als der Ofenraum selbst hat. Mehrere solcher Oefen umschließt ein gemeinschaftliches Rauhgemäuer.

Die Dimensionen sind gewöhnlich 2—4 Meter Seitenlänge oder Durchmesser, 1,5 — 2,5 Meter Höhe.

Die Luft tritt hier über die Fläche der Kohlensäule und die Verkokung schreitet von oben nach unten vor.

Die Koks werden, sobald die russende Flamme aufgehört hat, mit eisernen Haken oder Rechen aus dem Ofen gezogen und mit Wasser gelöscht.

Der Einsatz beträgt je nach der Gröfse 30 — 90 Ctr., welche 24 — 48 Stunden Zeit zur Verkokung brauchen.

Die aus der Esse entweichenden verbrannten, heißen Gase werden z. Th. zur Heizung von Dampfkesseln benutzt.

B. Verkokung der Steinkohle ohne Luftzutritt.

Die bei der Verkokung der Steinkohle in luftdicht geschlossenen Räumen entweichenden Gase reichen in der Regel vollständig dazu aus, um durch ihre Verbrennung außerhalb des Verkokungsraumes die zur Verkokung nöthige Temperatur zu unterhalten. Es ist daher unnöthig (wie dies bei der Verkokung unter Luftzutritt der Fall ist) einen Theil der Steinkohle selbst zu verbrennen.

Nur bei Sandkohlen oder wenn ein Theil der Gase condensirt werden soll (Knab'sches System), muß eine besondere Hülfsfeuerung angewendet werden.

Zur Verkokung ohne Luftzutritt bedient man sich parallelepipedischer gemauerter Räume, mit einer verhältnißmässig langen Axe, welche gewöhnlich horizontal liegt, seltener vertikal steht. Die an beiden Enden des Raumes befindlichen Thüren sind luftdicht verschließbar.

Theils Unkenntniß, theils praktische Schwierigkeiten haben zu zahlreichen Uebergängen zwischen den Oefen mit und ohne Luftzutritt geführt, indem man bald mehr, bald weniger Luftöffnungen in den Thüren angebracht hat.

Oefen mit geneigter Axe (Powels' oder Dubochet's System) sind nur versuchsweise in praktischer Anwendung gewesen.

Die Verkokungsgase werden in Kanälen außerhalb der Ofenwandungen entlang geführt und durch Zutritt atmosphärischer Luft verbrannt.

Alle diese Oefen gestatten die Verkokung von Kleinkohlen, daher auch gewaschener Kohlen.

a) Oefen mit horizontaler Hauptaxe.

Zur Füllung der Oefen mit horizontaler Hauptaxe dienen zwei Oeffnungen im Gewölbe. Die Verkokung wird eingeleitet durch die in den Ofenwandungen aufgespeicherte Hitze. Die Gase werden durch Oeffnungen, welche sich meist im Widerlager, seltner im Scheitel des Gewölbes befinden, abgezogen und in Kanälen, welche in den Seitenwandungen und unter der Sohle des Verkokungsraumes angebracht sind, verbrannt. Die Koks werden, nachdem die beiden den Ofenraum während der Verkokung verschließenden Thüren geöffnet worden sind, durch einen Kolben vermittelt einer Stoßmaschine aus dem Ofen gedrückt.

Fig. 3.

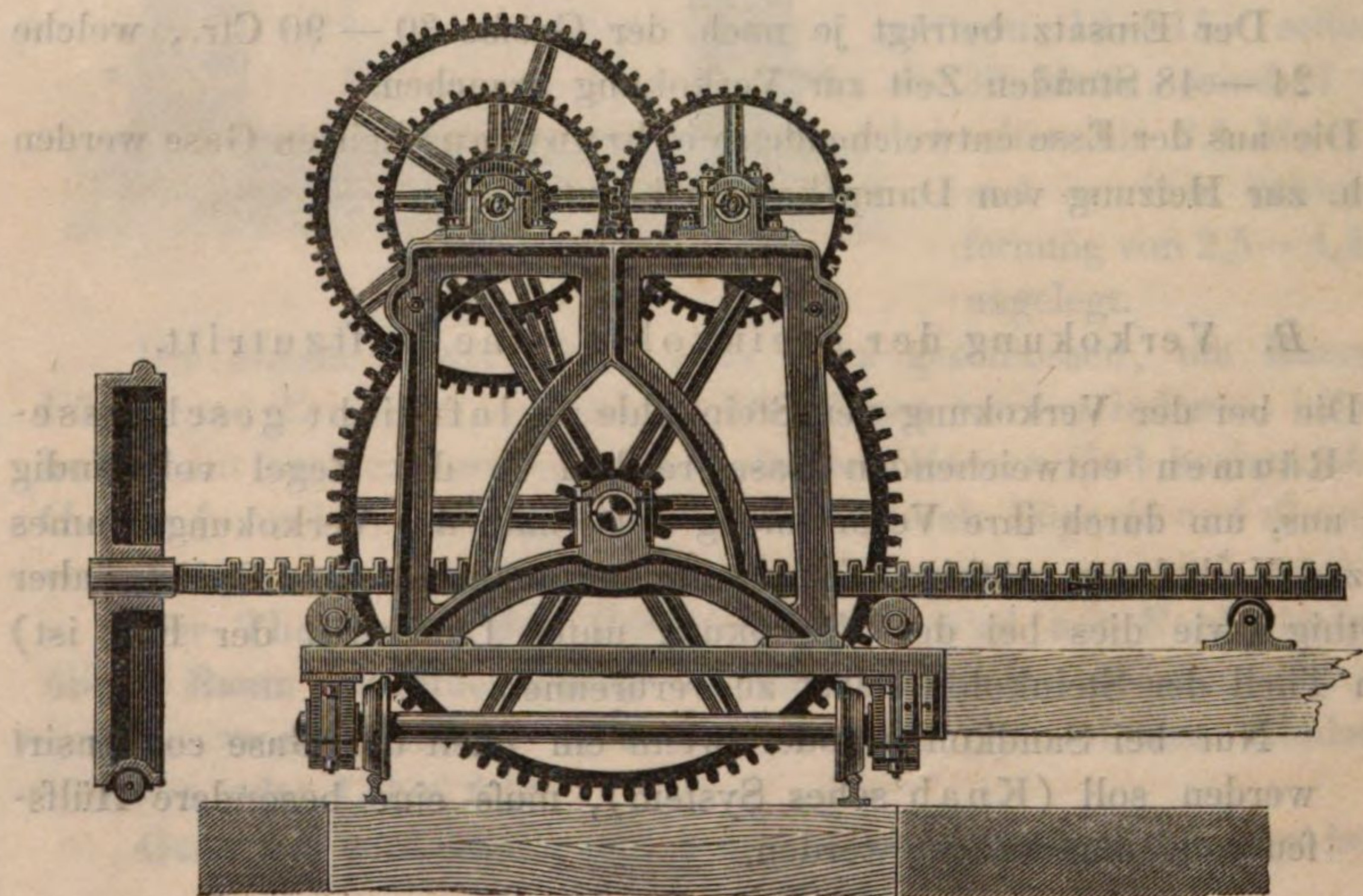


Fig. 3 (auf voriger Seite) stellt eine solche Stofs- oder Ausdrückvorrichtung dar. Dieselbe steht auf einem Gestelle, welches auf Schienen hin- und herbewegt und zur Bedienung einer ganzen Ofenreihe angewendet werden kann. Der Kolben ist an einer Zahnstange *aa* befestigt, welche durch Getriebe vorwärts bewegt wird. Zur Beschleunigung des Rückganges dient eine andere Getriebeübersetzung. Die Bewegung erfolgt theils durch die Hand, theils durch eine Dampfmaschine, welche dann sammt zugehörigem Kessel auf dem Gestelle ruht.

Die Art und Anlage der Gaszüge bedingt die wesentlichsten Unterschiede der verschiedenen hierhin gehörigen Ofensysteme. Die Gase werden am oberen Theile meist nur einer, seltner beider Ofenwandungen entzogen und steigen dann an denselben entweder in vertikalen Kanälen nieder (Fabry's System) oder cirkuliren in horizontalen Kanälen, welche dann entweder der ganzen Ofenlänge nach durchgehen (François's System) oder in der Mitte der Ofenlänge getrennt sind (Smet's System).

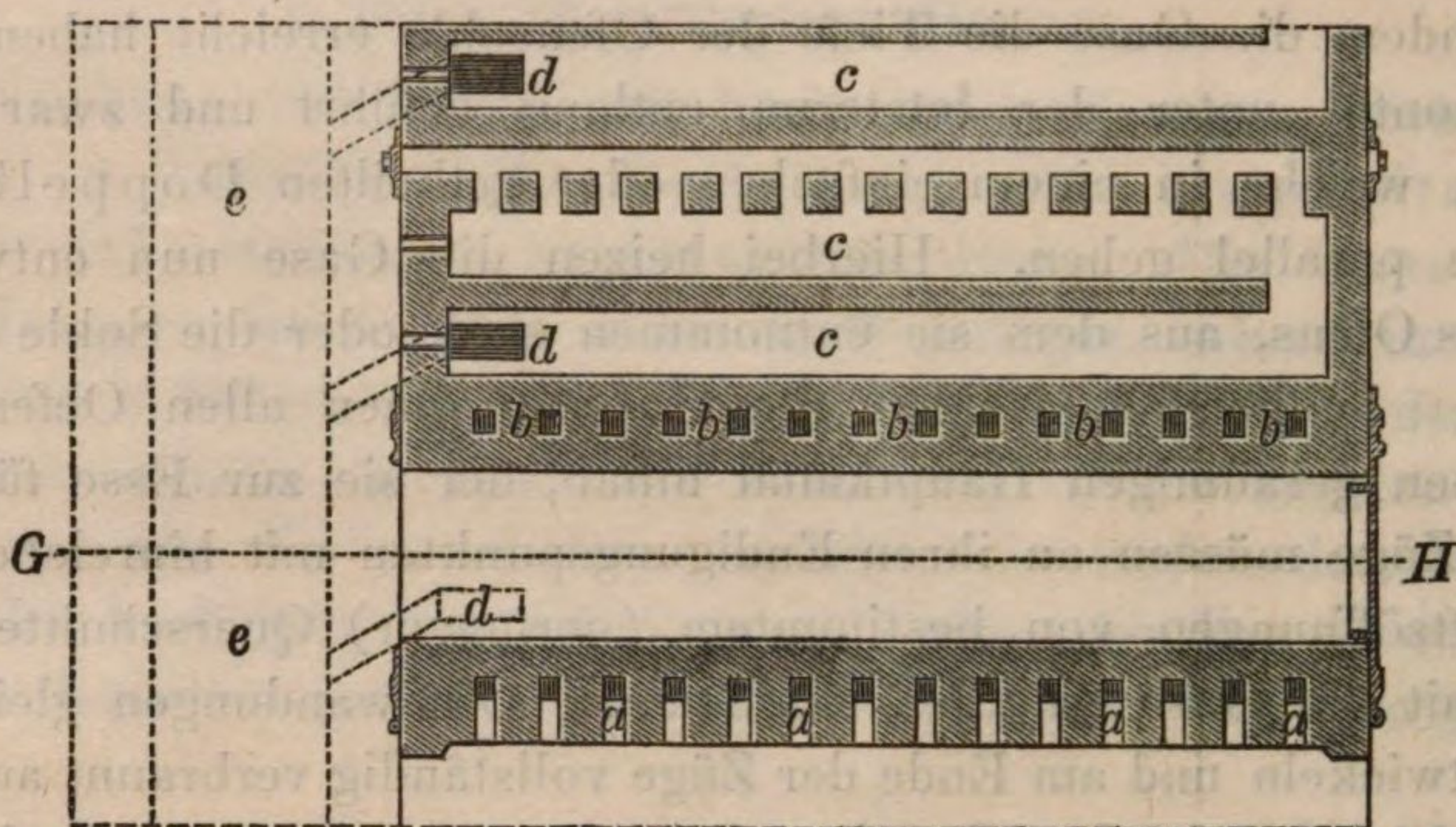
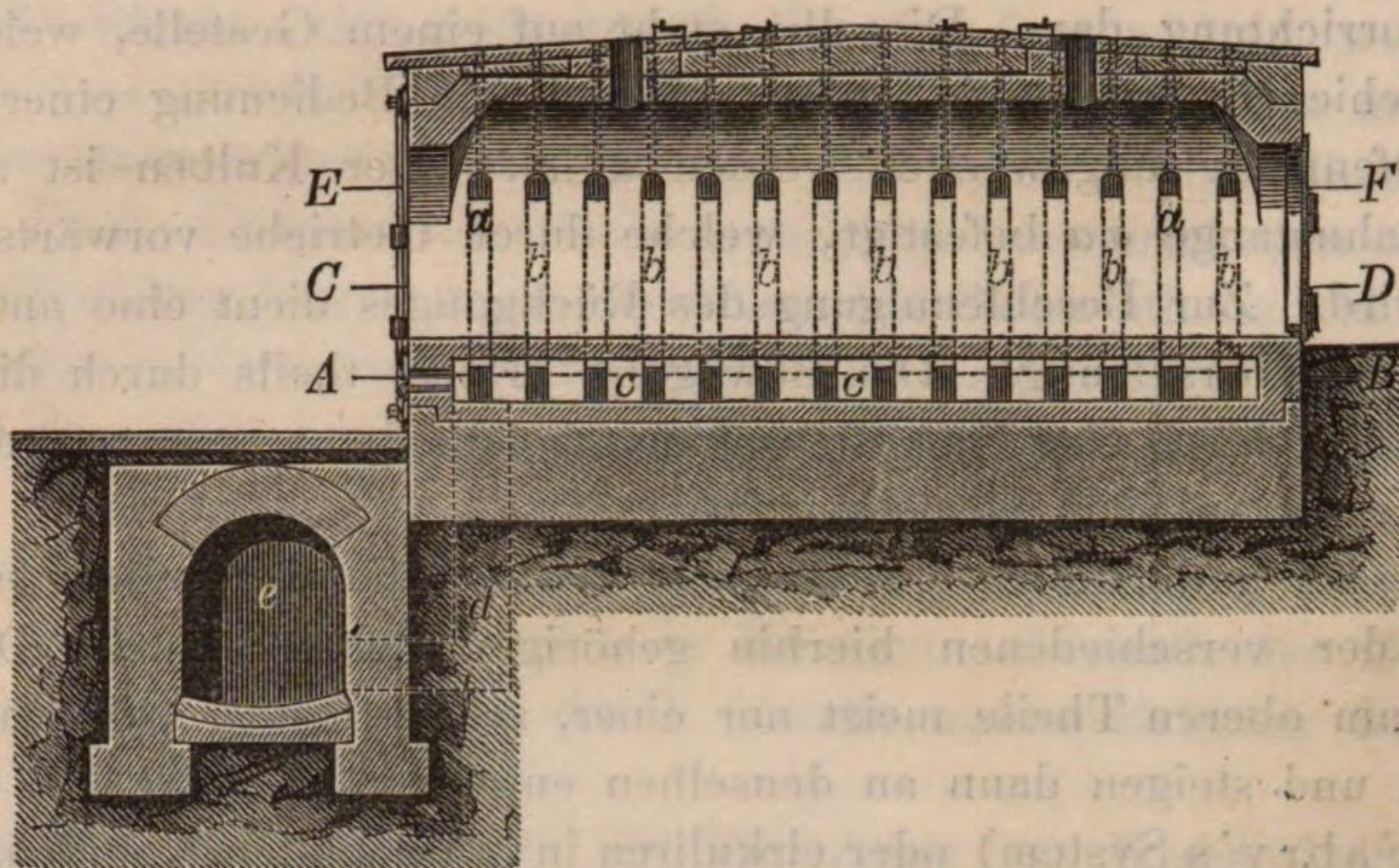
Nachdem die Gase die Tiefe der Ofensohle erreicht haben, werden sie horizontal unter der letzteren entlang geführt und zwar meist in Kanälen, welche in einem einfachen oder getheilten Doppellaufe der Längsaxe parallel gehen. Hierbei heizen die Gase nun entweder die Sohle des Ofens, aus dem sie entnommen sind, oder die Sohle des Nachbarofens. Schliesslich steigen die Gase in einen allen Ofen gemeinschaftlichen geräumigen Hauptkanal hinab, der sie zur Esse führt.

Die Züge müssen an ihren Endigungspunkten mit hinreichend vielen Luftzutrittsöffnungen von bestimmtem (geringem) Querschnitte versehen sein, damit die Gase an allen Theilen der Ofenwandungen gleichmässige Hitze entwickeln und am Ende der Züge vollständig verbrannt ausströmen.

Fig. 4 und 5 (auf S. 46) stellen einen Ofen mit vertikalen Seitenzügen (Fabry's System) dar. Fig. 4 ist ein Vertikalschnitt nach *GH*, Fig. 5 ein Horizontalschnitt und zwar im oberen Theile nach *AB*, im mittleren nach *CD*, im unteren nach *EF*. — Durch *aa* strömen die Gase aus dem Ofen, steigen in *bb* abwärts, treten unter die Sohle und gehen in dem Doppellauf *c, c* bis *d*, wo sie abwärts in den zur Esse führenden Hauptkanal *ee* fallen.

Fig. 6 und 7 (auf S. 47) zeigen einen Ofen mit horizontalen durchgehenden Zügen (François's System). Fig. 6 ist ein Vertikalschnitt nach *GH*, Fig. 7 ein Horizontalschnitt nach *AB* im oberen, *CD* im mittleren, *EF* im unteren Theile. Die Gase strömen aus *aa* aus, durchziehen den Horizontalkanal *b*, dann *c* in der Richtung der Pfeile, treten unter die Sohle, die sie im Doppellaufe *de* bespülen und fallen bei *f* in den gemeinschaftlichen Hauptkanal. Durch Aenderung in der Stellung des Schiebers *g* kann das Selbstheiz- in das Nachbarheiz-System umgewandelt werden.

Fig. 4 und 5.



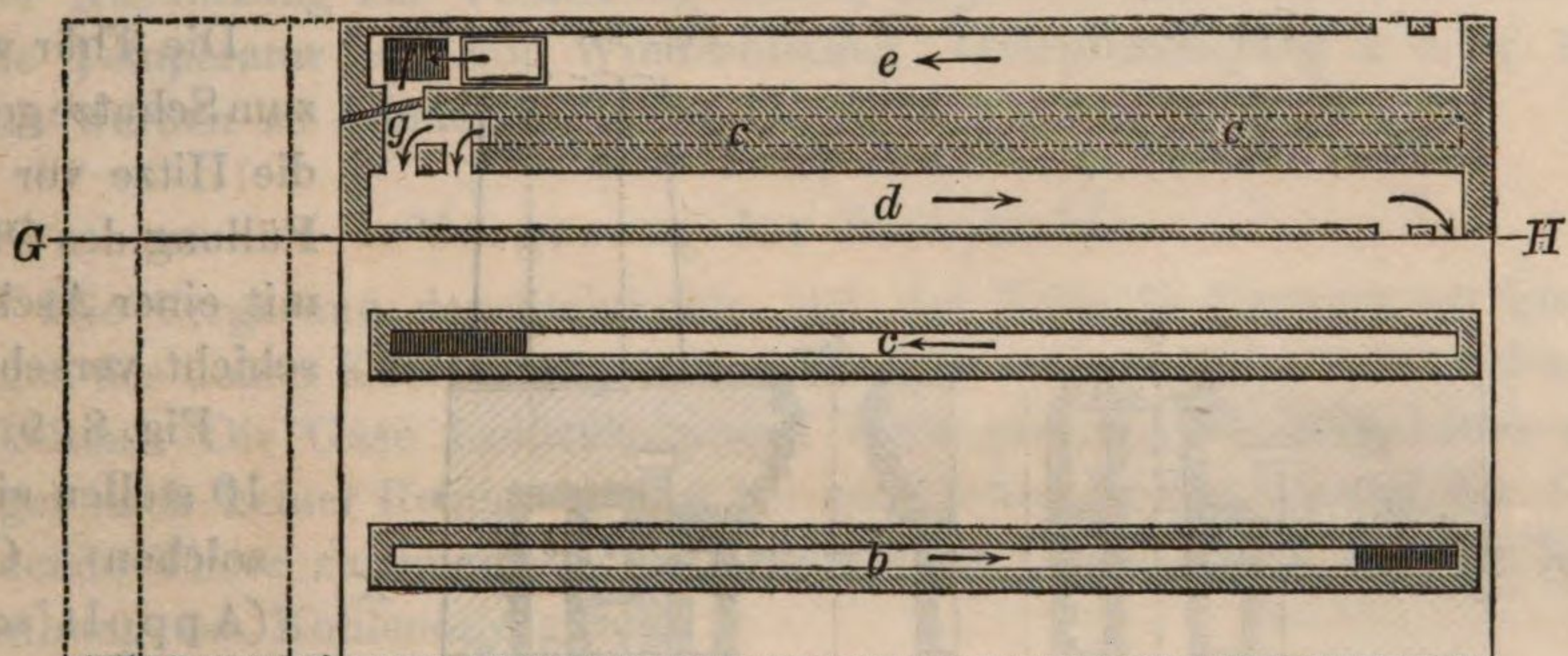
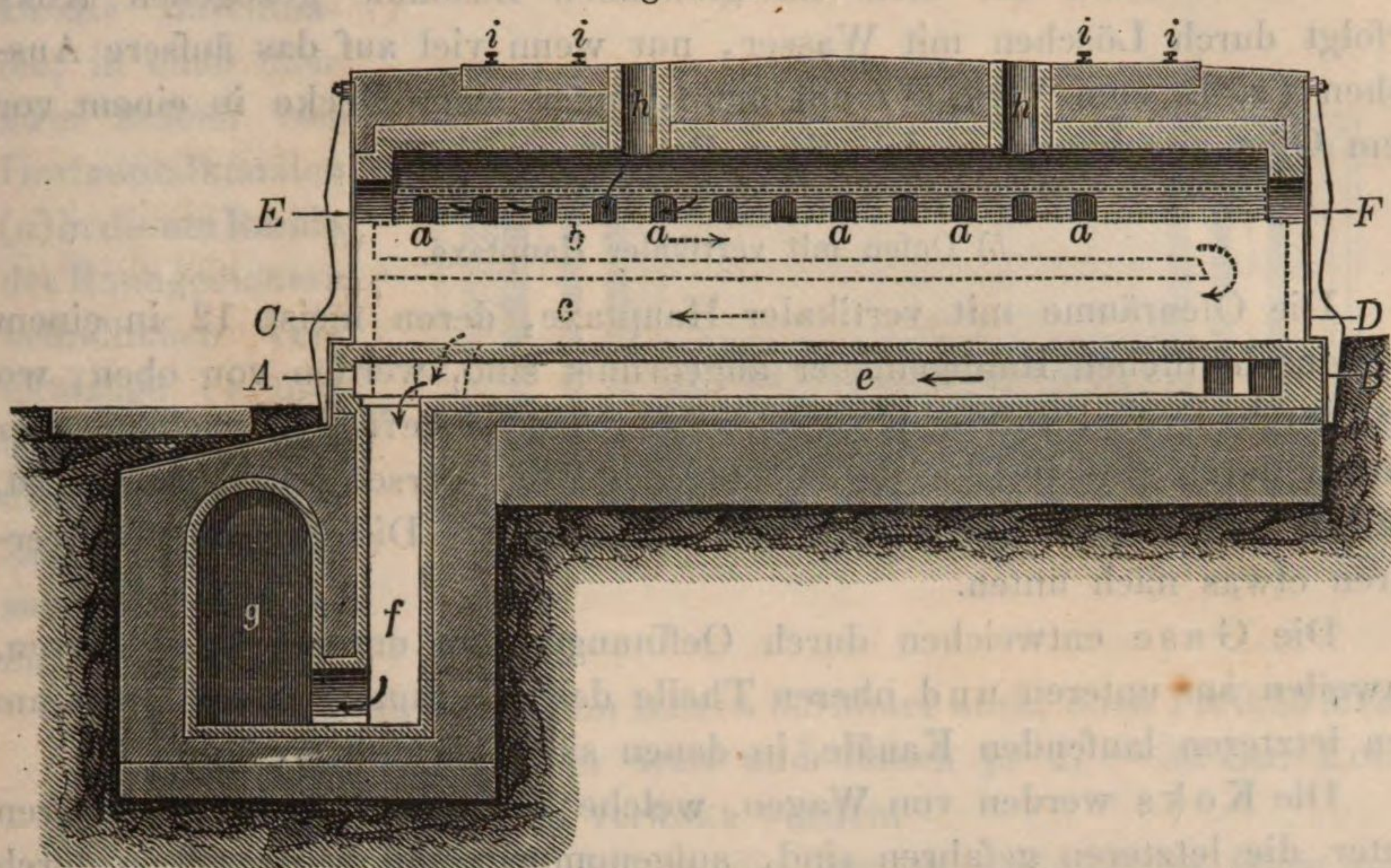
Die wichtigsten Abweichungen von den angegebenen drei Systemen der Gasführungskanäle sind folgende:

1) Die Gase steigen, nachdem sie die Sohle bespült haben, in horizontalen oder vertikalen Zügen an der zweiten Seite des Ofens aufwärts und sammeln sich in einem über den Oefen gelegenen Kanale. In diesem Falle befinden sich zwei Reihen Züge in der Wandung zwischen je zwei Oefen.

2) Gaszüge sind auch im Gewölbe, ja selbst in den Thüren des Ofens angelegt. — Derartige Constructionen sind sehr complicirt.

3) Die Ofenräume sind statt in einer Reihe nebeneinander, radial um eine centrale Esse angelegt und die Gasführungen befinden sich in den keilförmigen Zwischenräumen (Ringöfen), oder die Ofenräume sind in zwei Etagen übereinander angelegt und die Gase der unteren Oefen strömen durch die oberen (Frommont's System), oder sie sind in zwei

Fig. 6 und 7.



mit der Rückwand aneinander stoßenden Reihen angeordnet (Dulait's System), und haben auch in der Rückwand Gaskanäle. In allen diesen Fällen müssen die Koks ausgezogen, statt ausgedrückt werden.

Je kleiner die Kohlenstücke sind und je weniger backend die Kohle ist, um so schmaler muß der Ofenraum, je dichter die Koks ausfallen sollen, um so höher muß der Ofenraum sein. Magere Kohle verlangt schnelle Erhitzung durch die ganze Masse (Nachbarheizung), fette Kohle allmälige Erhitzung (Selbstheizung).

Durchgehende Oefen erhalten 6—10, Oefen mit Rückwand 3 Meter Länge, 0,5—1 Meter Breite und 1—1,5 Meter Höhe. Der Einsatz beträgt je nach der Gröfse des Ofenraums 40—100 Ctr., welche in 12, 24 oder 48 Stunden verkocht werden.

Das Besetzen geschieht beim Selbstheizungssysteme der Reihe nach, beim Nachbarheizungssysteme umzechig.

Das Kühlen der stets im glühenden Zustande gezogenen Koks erfolgt durch Löschen mit Wasser, nur wenn viel auf das äußere Aussehen (z. B. zum Verkauf) ankommt, unter einer Decke in einem vor dem Ofen angelegten, stadelartigen Raume.

b) Oefen mit vertikaler Hauptaxe.

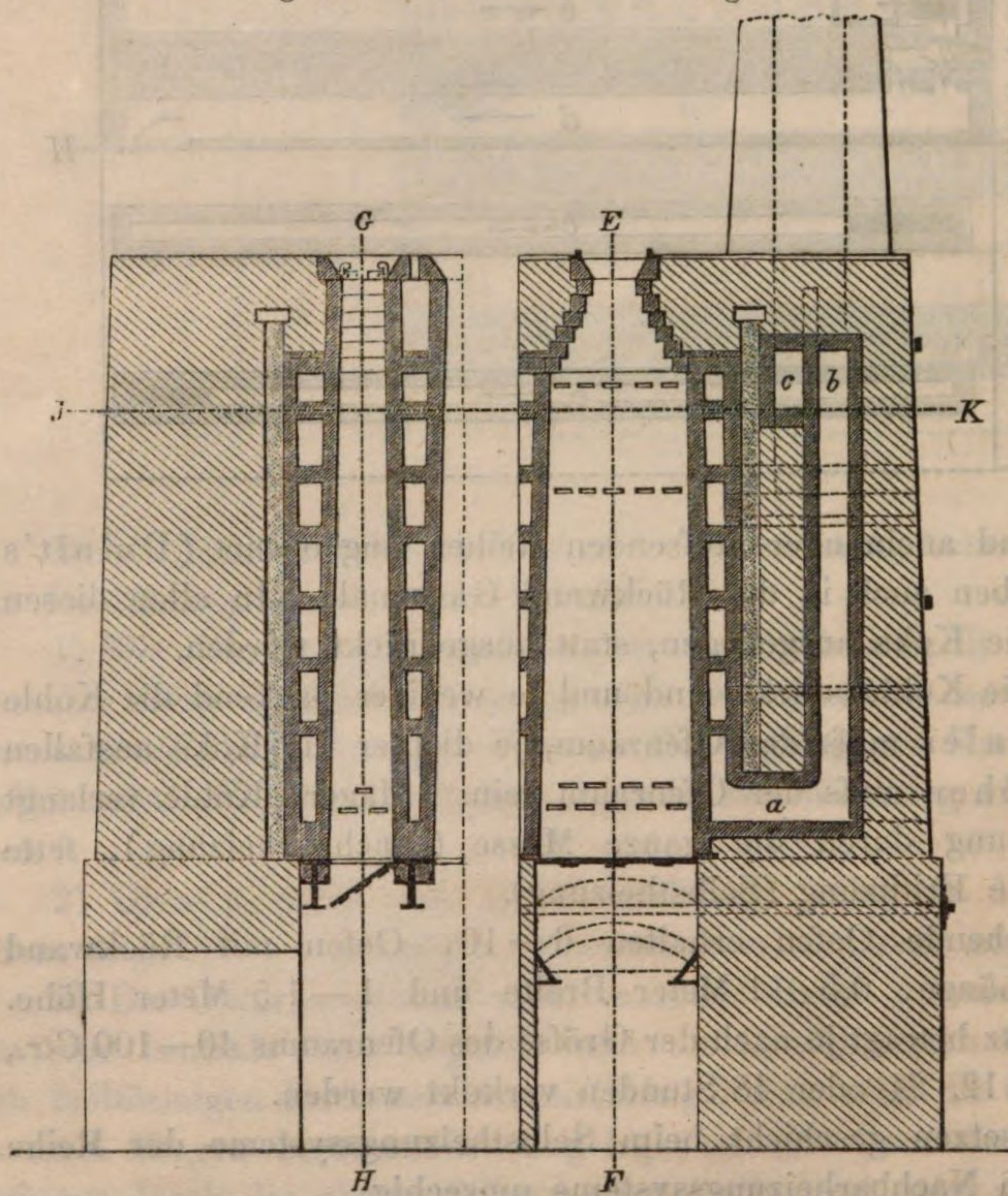
Die Ofenräume mit vertikaler Hauptaxe, deren meist 12 in einem gemeinschaftlichen Rohgemäuer angeordnet sind, werden von oben, wo sie durch Deckel luftdicht verschließbar sind, gefüllt, nachdem der Boden durch eine in Charnieren hängende Thür verschlossen worden ist, welche durch einen Querriegel unterstützt wird. Die Ofenwände divergiren etwas nach unten.

Die Gase entweichen durch Oeffnungen am unteren oder oberen, zuweilen am unteren und oberen Theile des Ofenraumes in die rings um den letzteren laufenden Kanäle, in denen sie verbrannt werden.

Die Koks werden von Wagen, welche vor dem Oeffnen der Thüren unter die letzteren gefahren sind, aufgenommen und in denselben durch Deckung gelöscht.

Fig. 8.

Fig. 9.



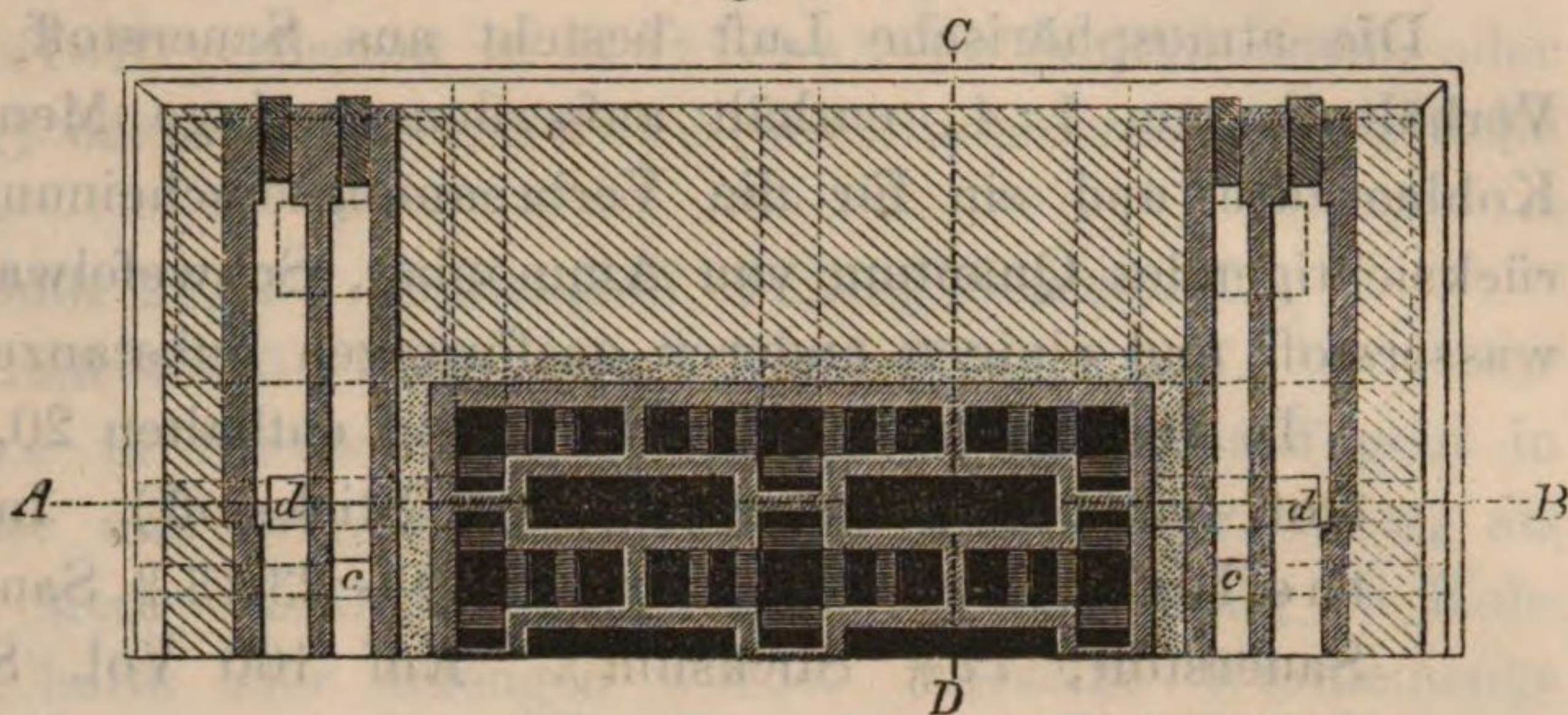
Die Thür wird zum Schutze gegen die Hitze vor der Füllung des Ofens mit einer Aschenschicht versehen.

Fig. 8, 9 und 10 stellen einen solchen Ofen (Appolt'sches System) dar, Fig. 8 und 9 in zwei rechtwinklig zu einander stehenden Vertikalschnitten nach *CD* und *AB*, Fig. 10 (auf Seite 49) im Horizontalschnitte nach *IK*.

Die Gase strömen, nachdem sie die Heiz-

kanäle durchlaufen, in einer oder zwei Reihen von Horizontalkanälen (*a*) in die am Rande des Rohgemäuers befindlichen Vertikalzüge (*c* und *d*) und gehen, nachdem sie sich in den Zügen *c* und *b* gesammelt haben, zur Esse.

Fig. 10.



Die Ofenräume sind im Innern 3,8 Meter hoch, oben $1 \times 0,35$ Meter, unten $1,1 \times 0,36$ Meter weit und fassen je 27 — 30 Ctr. Kohle, welche in 24 Stunden verkocht werden.

Bei gasreichen Kohlen haben die bereits verbrannten Gase nach ihrer Ausnutzung zur Verkokung selbst, zuweilen noch eine hinreichend hohe Temperatur, um zur Winderhitzung, Dampferzeugung u. s. w. benutzt werden zu können.

Vergasung der Steinkohle.

Die Vergasung der Steinkohle und der Koks in Generatoren bietet wegen des hohen Kohlenstoffgehaltes dieser Brennmaterialien keine Schwierigkeiten. Die Gase bedürfen wegen ihres geringen Wassergehaltes der Regel nach keiner Reinigung, nur bei sehr fetten Kohlen erzeugt der sich bildende Theer zuweilen das Bedürfnis einer Condensation vor der Verwerthung des Kohlenoxydgases.

Vierter Abschnitt.

Die atmosphärische Luft und die Verbrennung mittelst derselben. *)

Zur Verbrennung der Brennmaterialien dient im Eisenhüttenwesen stets die atmosphärische Luft.

*) Percy-Wedding, Eisenh. 2. Abth. S. 40 — 214.

Eigenschaften der atmosphärischen Luft.

Die atmosphärische Luft besteht aus Sauerstoff und Stickstoff im Verhältniß von 1:4, enthält außerdem geringe Mengen Wasserdampf, Kohlensäure und ein für die Verbrennungserscheinungen nicht zu berücksichtigendes Quantum von Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff und einigen anderen gasförmigen Substanzen.

In 100 Raumtheilen Luft sind enthalten 20,8—20,97 $\frac{0}{0}$ Sauerstoff (rund 21 $\frac{0}{0}$ Sauerstoff, 79 $\frac{0}{0}$ Stickstoff). In 100 Gewichtstheilen Luft sind enthalten 23,0—23,13 $\frac{0}{0}$ Sauerstoff (rund 23 $\frac{0}{0}$ Sauerstoff, 77 $\frac{0}{0}$ Stickstoff). Auf 100 Vol. Stickstoff kommen 26,5 Vol. Sauerstoff. — Der Wasserdampfgehalt der Luft beträgt im Durchschnitte 0,8 Vol. Proz., ist in unseren Gegenden im Januar am geringsten, im Juli am höchsten. 1 Cub.-Meter (= 1,2932 Kilogramm) mit Wasserdampf gesättigter Luft enthält bei

— 20° = 1,5 Gramm,	+ 5° = 7,3 Gramm,
— 15° = 2,1 „	+ 10° = 9,7 „
— 10° = 2,9 „	+ 15° = 13,0 „
— 5° = 4,0 „	+ 20° = 17,1 „
± 0° = 5,4 „	+ 25° = 22,5 „
+ 30° = 29,4 Gramm.	

Der Sättigungsgrad ist bei uns im Dezember am höchsten (0,862), im August am geringsten (0,61). — Der Kohlensäuregehalt der Luft beträgt im Durchschnitt 0,041 Vol. Proz.

Die atmosphärische Luft ist 14,44mal schwerer als Wasserstoff. Der mittlere Druck der Atmosphäre am Meeresspiegel ist gleich einer Wassersäule von 10,4 oder einer Quecksilbersäule von 0,76 Meter.

Die atmosphärische Luft dehnt sich durch Wärme für jeden Temperaturgrad (der 100theiligen Skala) um 0,003665 ihres Volumens bei 0° aus.

100 Vol. dehnen sich daher beim Erwärmen von 0° auf 100° zu 136,65 Vol. aus. — Umgekehrt erhöhen 136,65 Vol. Luft bei der Zusammenpressung auf 100 Vol. ihre Temperatur um 100°.

Die Verbrennung.

In den Brennmaterialien sind an brennbaren, d. h. bei ihrer Verbindung mit Sauerstoff wärmeerzeugenden Stoffen nur Kohlenstoff und freier Wasserstoff enthalten, alle anderen Bestandtheile derselben, also chemisches, hygroskopisches Wasser und Asche, sowie auch der Stickstoff der Verbrennungsluft absorbiren Wärme, da sie auf die Verbrennungstemperatur erhitzt werden müssen, ohne zur Erhitzung selbst beizutragen.

Der Wasserstoff verbrennt mit Sauerstoff nur zu Wasser.

H_2O enthält $11,11 \frac{0}{0}$ Wasserstoff, $88,88 \frac{0}{0}$ Sauerstoff.

Der Kohlenstoff verbrennt zu Kohlensäure (vollkommene oder totale Verbrennung) oder zu Kohlenoxyd (unvollkommene oder partielle Verbrennung).

CO_2 enthält $27,27 \frac{0}{0}$ Kohlenstoff, $72,73 \frac{0}{0}$ Sauerstoff.

CO enthält $42,85 \frac{0}{0}$ Kohlenstoff, $57,15 \frac{0}{0}$ Sauerstoff.

Kohlensäure in Berührung mit glühendem Kohlenstoff geht in Kohlenoxyd über und es geht dadurch soviel Wärme verloren, als die entsprechende Menge Kohlenoxyd durch ihre Verbrennung zu Kohlensäure erzeugt hatte oder erzeugen würde. Dieselbe Wärmemenge wird für gleiche Kohlenstoffmengen erzeugt, wenn Kohlenstoff sofort zu Kohlensäure oder erst zu Kohlenoxyd und dieses zu Kohlensäure verbrennt.

Es kann Kohlenoxyd sowohl aus direkter Vereinigung von Kohlenstoff mit Sauerstoff, als aus Reduktion von Kohlensäure durch Kohlenstoff ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$) erfolgen. Die Wärmemenge ist aber für gleiche Kohlenstoffmengen in beiden Fällen dieselbe.

Die allgemeine Regel, daß die Wärmemenge, welche bei der Verbindung zweier Stoffe frei, bei der Zerlegung wieder gebunden wird, gilt für alle Verbrennungserscheinungen.

Der Heizeffekt.

Man vergleicht den Brennwerth der Brennmaterialien nach der Wärmemenge, welche sie bei einer Temperatur von 0° durch vollkommene Verbrennung entwickeln können und mißt diese Wärmemenge an Wasser, auf welches sie übertragen wird, unter der Voraussetzung, daß Nichts durch Ausstrahlung oder auf andere Weise verloren gehe.

Wärmeeinheit nennt man die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um eine Gewichtseinheit Wasser um 1°C. in ihrer Temperatur zu erhöhen.

Absoluter Heizeffekt heißt die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit eines Brennmaterials bei der Verbrennung entwickelt, ausgedrückt in Wärmeeinheiten (W.-E.).

Kohlenstoff im Sauerstoff zu Kohlensäure verbrennend, entwickelt 8080 W.-E., d. h. 1 Gramm Kohlenstoff ist im Stande 8080 Gramm Wasser von 0° auf 1°C. zu erhitzen.

Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbrennend entwickelt 2473 W.-E.

Wasserstoff zu Wasser „ „ 34462 „

Der absolute Heizeffekt eines aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzten Brennmaterials ergibt sich als Summe der

Produkte aus den (zusammen 1 ausmachenden) Bestandtheilen durch die zugehörigen Heizeffekte; ein Brennstoff aus $60 \frac{0}{0}$ Kohlenstoff, $40 \frac{0}{0}$ Wasserstoff, entwickelt z. B. einen absoluten Heizeffekt von $0,6 \times 8080 + 0,4 \times 34462$ W.-E.

Spezifischer Heizeffekt heißt die Wärmemenge, welche die Volumeneinheit eines Brennmateriales entwickelt, ausgedrückt in Wärmeeinheiten. Gefunden wird derselbe mittelst Multiplikation des absoluten Heizeffektes durch das spezif. Gewicht des Brennstoffes.

Pyrometrischer Heizeffekt heißt der Temperaturgrad, den ein bei 0° und 760 Millim. Barometerstand verbrennendes Brennmaterial zu entwickeln im Stande ist, gemessen an der Ausdehnung des Quecksilbers (in Graden Celsius).

Ogleich das Quecksilber zu direkten Messungen nicht mehr bei Temperaturen über 300° brauchbar ist, so pflegt man doch auch höhere Temperaturen nach der Skala zu bezeichnen, welche gedacht ist als Fortsetzung der 100theiligen Skala zwischen Gefrierpunkt (0°) und Siedepunkt (100°) des Wassers.

Man findet den pyrometrischen Wärmeeffekt (T) mittelst Division des Produktes aus Gewichtsmenge des Brennstoffes (C) und absolutem Heizeffekt (P), durch das Produkt aus Gewichtsmenge des Verbrennungsproduktes (mC) und dessen spezifischer Wärme (S)

$$T = \frac{C \cdot P}{mC \cdot S},$$

wobei C eine Summe sein kann, deren Werth $= 1$ ist.

Zur Berechnung dient folgende allgemeine Formel:

$$T = \frac{pc + p'c' + (p''h - 9hl) - wl}{3,67cs + 2,33c's' + 9hs'' + ws'' + ns''' + As^{IV}},$$

worin bedeutet:

c den Gehalt an Kohlenstoff, welcher zu Kohlensäure verbrennt, p dessen absoluten Heizeffekt und s die spezifische Wärme der Kohlensäure $= 0,2164$, c' den Gehalt an Kohlenstoff, welcher zu Kohlenoxyd verbrennt, p' dessen absoluten Heizeffekt und s' die spezifische Wärme des Kohlenoxydes $= 0,2479$, h den Gehalt an Wasserstoff, welcher zu Wasser verbrennt, p'' dessen absoluten Heizeffekt und s'' die spezifische Wärme des Wasserdampfes $= 0,4750$, w den Gehalt an chemischem und hygroskopischem Wasser, A den Gehalt an Asche und s^{IV} deren spezifische Wärme; n bedeutet die Stickstoffmenge, welche mit dem zur Verbrennung nöthigen Sauerstoffe ($2,67c + 1,33c' + 8h$) eingeführt wird und s''' die spezifische Wärme des Stickstoffs $= 0,2440$; l ist die latente Wärme des Wasserdampfes $= 540$ W.-E.; $c + c' + h + w + A$ muß $= 1$ sein.

1 Gewichtseinheit Kohlenstoff in Sauerstoff zu Kohlensäure verbrennend giebt hiernach 10174° , 1 Gewichtseinheit Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbrennend 7073° , 1 Gewichtseinheit Wasserstoff zu Wasserdampf verbrennend 6823° C. — Die spezifische Wärme der atmosphärischen Luft ist $= 0,2377$.

Direkte Messungen der Temperatur durch Instrumente (Thermometer, Pyrometer) geben in Folge der Wärmeverluste durch Strahlung, Strömung und Leitung stets niedrigere Resultate als die Berechnung.

Praktische Arten der Verbrennung.

Flamme ist ein aus verbrannten (glühenden) und verbrennenden Gasen gemischter Strom.

Die Brennmaterialien, welche bei ihrer Erhitzung brennbare Gase entwickeln, brennen mit Flamme.

Holz, Torf, Braun- und Steinkohle (mit Ausnahme von Anthrazit) brennen mit Flamme, letztere mit um so bedeutenderer, je fetter sie ist.

Die verkohlten Brennmaterialien entwickeln nur bei ihrer Verbrennung in größeren Mengen Flamme in Folge von Kohlenoxydgasbildung.

Zur Flammenerzeugung, welche dann nothwendig ist, wenn das Brennmaterial von dem zu erhitzenden Gegenstande getrennt gehalten werden soll, verbrennt man rohes Brennmaterial in flachen Schichten auf durchbrochenen Unterlagen (Rosten), welche meist aus Eisenstäben gebildet sind.

Zur Erzeugung von Kohlenoxydgas, welches theils als gasförmiges Brennmaterial, theils als Reduktionsmittel Verwerthung findet, verbrennt man verkohltes Brennmaterial in schachtförmigen Räumen.

Wendet man auch rohes Brennmaterial bei der Kohlenoxydgasbildung an, so gelangt es doch schliesslich in verkohltem Zustande zur Verbrennung.

Essen und Gebläse.

In den wenigsten Fällen genügt die Spannung der atmosphärischen Luft zu einer hinreichend energischen Verbrennung. Man erhöht daher die natürliche Spannung entweder einerseits durch Luftverdünnung (Zug), welche durch Essen hervorgerufen, oder andererseits durch Verdichtung, welche durch Gebläse bewirkt wird.

Die Essen wirken durch die Luftdrucksdifferenz, welche in Folge der Höhe ihrer Mündung über dem Verbrennungsroste erzeugt wird.

Die Wirksamkeit der Esse wird daher wesentlich von ihrer Höhe abhängen, obschon die Weite in Bezug auf das Verhältniß der Luftzutrittsöffnungen zum Roste (der freien Rostfläche) ebenfalls in bestimmten Gränzen liegen muß. Die Höhe h muß sein =

$$\frac{4,08 d + 0,016 l}{40 \frac{d(t - t_i)}{v_i^2} - 0,016} \text{ Meter,}$$

wenn t die Temperatur im Schornsteine, t_i die der Atmosphäre, d der Durchmesser oder die Seite des Quadrates der Essenmündung, l der Gesamtweg der heißen Gase vom Rost bis zur Esse, v_i die Geschwindigkeit der ausströmenden Verbrennungsgase ist; $t - t_i$ ist gewöhnlich $= 285^\circ$, der Querschnitt der Essenmündung $= \frac{3}{5}$ der freien Rostfläche, $v_i = 3\frac{3}{4} v$, — v , die Geschwindigkeit der in den Rost strömenden Luft, aber 60 Meter pro Minute.

Gebläse sind die Vorrichtungen, welche die Luft zusammenpressen und in diesem Zustande zur Verbrennungsstätte fortbewegen. *) Die geprefste Luft nennt der Hüttenmann Wind.

Die Pressung und Bewegung der Luft erfolgt bei den Gebläsen entweder durch Wasser (ununterbrochen am Wassertrommel-, unterbrochen beim Wassersäulengebläse), oder durch feste Flächen; im letzteren Falle entweder mit absetzender, meist geradliniger Bewegung (bei Lederbalgen ohne Liderung, bei hölzernen Balgen, Kasten- und Cylindergebläsen mit fester Liderung, beim Baader'schen Gebläse, dem Tonnen-, Glocken- und Kettengebläse mit Wasserliderung) oder mit stetiger Kreisbewegung (bei den Ventilatoren ohne Liderung, bei der Cargniadelle mit Wasserliderung).

Die im Eisenhüttenwesen zur Anwendung kommenden Roste, Essen und Gebläse finden sich bei den einzelnen Prozessen, zu welchen sie benutzt werden, beschrieben.

Bei verschiedener Pressung lassen sich ebensowenig wie bei verschiedenen Temperaturen, die zur Verbrennung dienenden Luftmengen, ohne Weiteres vergleichen. Es muß daher eine Reduktion eintreten und diese erfolgt nach den folgenden Regeln:

1) Bei verschiedener Temperatur (t und t_i) verhalten sich die Volumina (v und v_i) der Luft, wie die Summen von 1 und dem Produkt aus der entsprechenden Temperatur (t , bezieh. t_i) durch den Ausdehnungscoefficienten ($\alpha = 0,003665$), wenn die Spannung gleich bleibt:

$$\frac{v}{v_i} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t_i} \quad (\text{Gay-Lussac'sches Gesetz}).$$

*) Percy-Wedding, Eisenh. 2. Abth., S. 40; Hauer, Hüttenwesens-Maschinen S. 1 und 39; Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik III, S. 995.

2) Bei gleicher Temperatur verhalten sich die Volumina (v und v_i) der Luft annähernd umgekehrt wie die Spannungen (p und p_i):

$$\frac{v}{v_i} = \frac{p_i}{p} \quad (\text{Mariotte'sches Gesetz}),$$

oder genauer umgekehrt wie die 1,41^{ten} Wurzeln daraus, daher:

$$\frac{p}{p_i} = \left(\frac{v_i}{v}\right)^{1,41} \quad (\text{Poisson'sches Gesetz}).$$

Vorwärmung. *)

Wird ein Brennmaterial (wie dies in Schachtöfen stets der Fall ist) vorgewärmt, ehe es zur Verbrennung kommt, so erhöht sich die Verbrennungstemperatur (T) um den entsprechenden Theil des Produktes aus Temperatur der Vorwärmung und spezifischer Wärme des verbrennenden Körpers (s^v).

$$\text{Aus } T = \frac{p}{3,67s + ns'''} \text{ wird daher z. B. } T_i = \frac{p + \tau s^v}{3,67s + ns'''}.$$

Durch Vorwärmung der Verbrennungsluft tritt außerdem eine Temperaturerhöhung um den entsprechenden Theil des Produktes aus Temperatur des Windes (t) und seiner spezifischen Wärme (s^{vi}) hinzu.

$$T_2 = \frac{p + \tau s^v + t(2,67 + n)s^{vi}}{3,67s + ns'''}$$

Das Maximum der Temperatur für eine gegebene Windtemperatur (t) erhält man, wenn man $\tau = T_2$ setzt.

Die bedeutenden Differenzen in der Temperatur, welche in der Wirklichkeit auftreten, wenn unter sonst gleichen Verhältnissen die Verbrennungsluft im kalten oder erhitzten Zustande angewendet wird, sind nicht allein durch die Vorwärmung zu erklären, sondern finden ihre Begründung durch das verschiedene Verhältniß, in welchem sich durch direkte Verbrennung Kohlensäure und Kohlenoxyd bilden. Das bei kalter Luft in reichlicherem Mafse gebildete Kohlenoxyd verbrennt auch bei Gegenwart von freiem Sauerstoff nicht vor wieder eingetretener Temperaturerniedrigung zu Kohlensäure (Bunsen'sches Gesetz).

*) Percy-Wedding, Eisenh. 2. Abth., S. 204.

Fünfter Abschnitt.

Die Arten der Eisenerzeugung.

Die zunächst liegende Aufgabe des Eisenhüttenmannes geht dahin, das in den Erzen im oxydirten Zustande mit vielen anderen Stoffen gemengt enthaltene Eisen zu reduzieren, in einen bestimmten Kohlungsgrad überzuführen und abzuscheiden.

Als Reduktionsmittel dient stets der in den Brennmaterialien enthaltene Kohlenstoff, oder das daraus durch partielle Verbrennung erzeugte Kohlenoxyd. Der Kohlungsgrad des reduzierten Eisens hängt wesentlich von dem angewandten Temperaturgrade ab (vergl. Seite 15). Zur Abscheidung des gekohlten Eisens von den fremden Substanzen führt man die letzteren soweit sie nicht in der Hitze flüchtig sind, in den heißflüssigen Zustand über und nennt sie dann Schlacke. In dem Falle diese Stoffe bei entsprechender Temperatur nicht für sich oder mit einem Theile des noch nicht reduzierten Eisens zusammen flüssige Schlacken geben, kommt man durch Zufügung anderer Stoffe (Zuschläge) zu Hülfe. Je vollständiger die Reduktion und je freier von fremden Substanzen, mit Ausnahme von Kohlenstoff und in wenigen Fällen von Mangan, das Eisen ausfällt, um so vollkommener ist der Hüttenprozess.

In älteren Zeiten verstand man nur Schmiedeeisen und Stahl darzustellen und mußte dies demgemäß durch direkte Reduktion der Erze bei verhältnißmäßig niedriger Temperatur ausführen (Rennarbeit oder unmittelbare Eisenerzeugung). Als man später die Erzeugung des Roheisens kennen lernte, fand man, daß letzteres, abgesehen von seiner Verwendbarkeit zu Gufswaaren, auch ein nützliches Zwischenprodukt sei, aus welchem sich mit weit besserem (sichererem und ökonomischerem) Erfolge Schmiedeeisen und Stahl darstellen lasse, als direkt aus den Erzen. Man nennt diese Methode, bei welcher zuerst aus den Erzen ein hochgekohltes Eisen dargestellt und von den Nebenbestandtheilen und Verunreinigungen der ersteren getrennt wird, um nachher wieder eines mehr oder minder großen Theils seines Kohlenstoffgehaltes beraubt zu werden, die mittelbare Eisenerzeugung. Sie kommt gegenwärtig beinahe ausschließlich zur Anwendung.

Man muß daher die Roheisenerzeugung kennen, ehe man die Darstellung des Schmiedeeisens und Stahls aus Roheisen studiren kann. Die Beschreibung der Rennarbeiten müßte zwar logischer Weise den Anfang machen*), aber die Vorgänge bei denselben

*) Wie das z. B. auch in des Verfassers Lehrbuch der Eisenhüttenkunde der Fall ist.

lassen sich leichter im Zusammenhange mit den Methoden der Schmiedeisen- und Stahl-Darstellung aus Roheisen verstehen.

Die Verminderung des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffgehaltes geschieht durch Oxydation (Frischarbeit). Je nach der Stärke der Oxydation entsteht Stahl oder Schmiedeisen. Mit einem solchen Oxydationsprozesse ist zugleich eine Reinigung des Eisens von denjenigen Stoffen verbunden, welche bei der Reduktion der Erze behufs der Darstellung von Roheisen mit in das letztere gelangt waren und deren Abscheidung für die Beschaffenheit des Stahls oder Schmiedeisens mehr oder minder nothwendig ist. Da im Allgemeinen die Reinigung des Eisens von solchen Stoffen mit der Entkohlung Schritt hält, so ist es in vielen Fällen, in denen man einen reinen Stahl erzeugen will, vorzuziehen, das Eisen durch Oxydation bis zur Kohlungsstufe des Schmiedeisens zu bringen und ihm dann wieder von Neuem Kohlenstoff zuzuführen (Erzeugung von Cement-, Fluß-, Kohlungs-Stahl).

Daher kann folgende Reihenfolge von Prozessen vorkommen:

1) Erzeugung von Roheisen aus Erzen, 2) Entkohlung dieses Roheisens zu Schmiedeisen, 3) Kohlung des Schmiedeisens zu Stahl; und im Allgemeinen werden folgende Wege bei der Eisenerzeugung in Betracht zu ziehen sein: 1) Durch Reduktion der Erze: Darstellung von Roheisen (Hochofenprozeß), Stahl- und Schmiedeisen (Rennarbeit). 2) Durch Entkohlung von Roheisen: Darstellung von Stahl und Schmiedeisen (Frischarbeit). 3) Durch Kohlung von Schmiedeisen: Darstellung von Stahl (Cement-, Fluß- etc. Stahl-Arbeiten). — Alle diese Wege werden im Folgenden unter den zwei Hauptabschnitten: I. Roheisenerzeugung und II. Darstellung von Stahl und Schmiedeisen, erörtert werden.

I.

Roheisenerzeugung.**Sechster Abschnitt.****Der Hochofen.**

Die Roheisenerzeugung geschieht stets in einem Schachtofen, den man seiner Gröfse wegen Hochofen nennt.

Die Höhe schwankt gegenwärtig zwischen 8 und 35 Metern.

In diesen Apparat werden von oben die Erze sammt den Zuschlägen in abwechselnden Schichten mit dem Brennmaterial aufgegeben, während in den unteren Theil Wind eingeführt wird, welcher den Kohlenstoff des Brennmaterials in Kohlenoxyd umwandelt. Das Kohlenoxyd überträgt seine Wärme auf die ihm entgegenrückenden festen Materialien, verflüchtigt im höchsten Theile des Ofens den Wasserdampf und andere vergasbare Substanzen, reduziert im tieferen Theile das Eisenoxyd, kohlt das Eisen und schmilzt in der Nähe seines Entstehungsortes das Roheisen und die aus den Nebenbestandtheilen der Erze und den Zuschlägen gebildete Schlacke. Der nicht zur Reduktion nöthige Theil des Kohlenoxydes strömt gemischt mit der durch die Reduktion gebildeten Kohlensäure, dem Stickstoff des Windes, den Wasserdämpfen und anderen gasförmigen Bestandtheilen der aufgegebenen Materialien oben aus dem Ofen aus, während Roheisen und Schlacke sich im untersten Theile sammeln und nach ihrem spezifischen Gewichte sondern. Die in gröfserer Menge erzeugte Schlacke fließt beständig aus, das Roheisen wird von Zeit zu Zeit abgezapft (abgestochen).

Der innere Ofenraum oder Ofenschacht.

Der Hochofen besteht aus Mauerwerk, welches einen schachtförmigen Raum, den Ofenschacht, umgiebt. Der horizontale Querschnitt des Ofenschachtes ist in allen Theilen kreisförmig.

Elliptische (Abt und Alger) und oblonge Formen (Rachette) sind nur ausnahmsweise in der Praxis angewendet. Quadratische und polygone Querschnitte finden sich noch zuweilen bei kleinen Holzkohlenhochöfen.

Der Schacht ist aus zwei mit den Grundflächen aufeinandergesetzten abgestumpften Kegeln gebildet, deren oberen man im engeren Sinne des Wortes Schacht, deren unteren man Rast nennt. Der unterste Theil der Rast, dem man nicht selten grössere Wandneigung als dem oberen Theile (der Rast im engeren Sinne des Wortes) giebt, heisst Gestell. Die obere Oeffnung des Ofenschachtes führt den Namen Gicht, der weiteste Theil des Ofens (die Basis der beiden Kegel) den Namen Kohlensack. Der Kohlensack, welcher bei den verschiedenen Oefen in sehr wechselnder relativer Höhe liegt, ist nicht selten zu einem Cylinder ausgedehnt. Die Ebene, welche in dem Niveau der Wind-einführungsöffnungen liegt, wird als Formenebene bezeichnet und dient bei der Konstruktion des Hochofens als Mafseinheit. Die Kanten der aneinanderstossenden Kegel sind häufig abgerundet.

Man hat früher übergrossen Werth, auf die Form des Vertikalquerschnittes gelegt, ist dann zu immer einfacheren Verhältnissen und neuerdings sogar zur Cylinderform übergegangen.

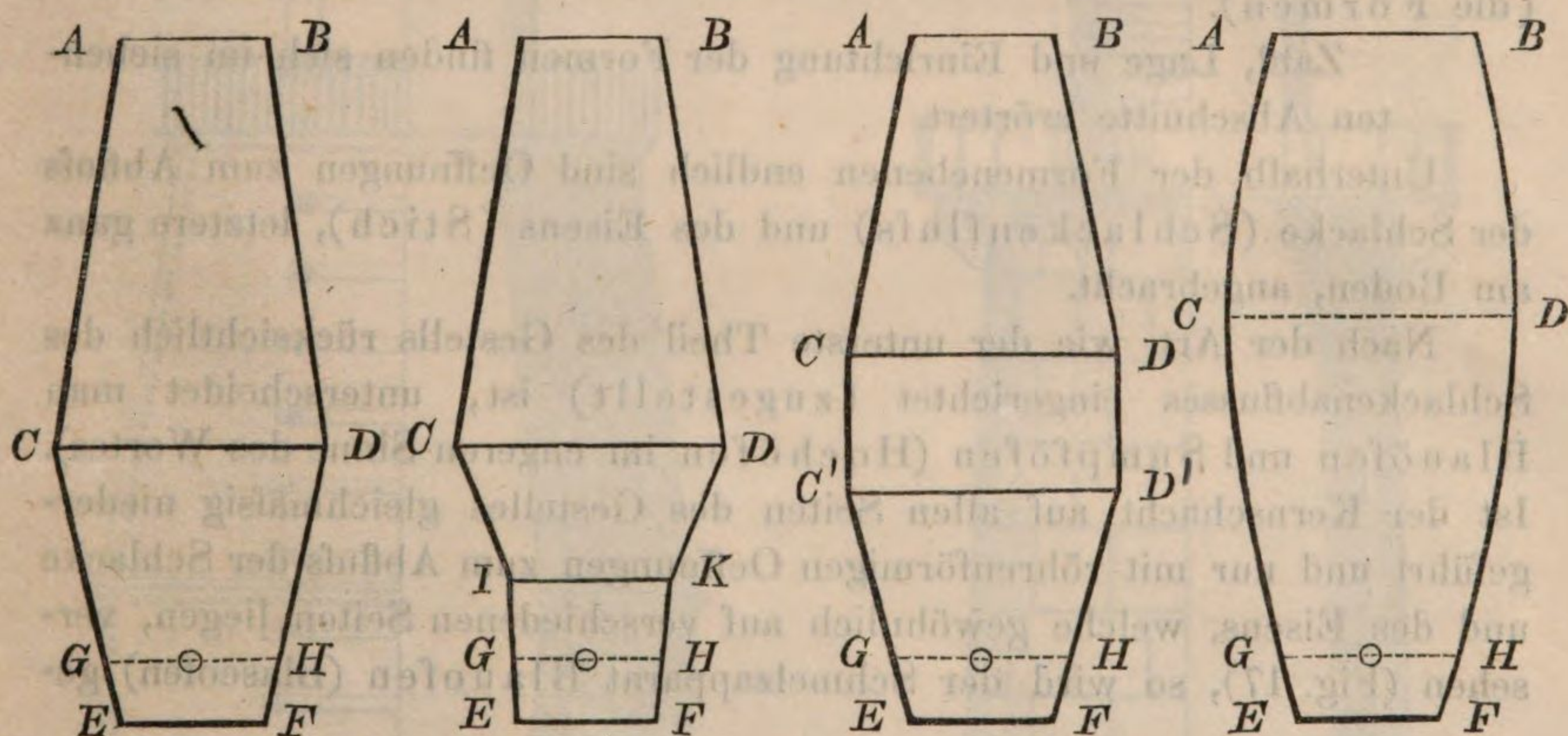
Die Figuren 11 bis 14 stellen vier Vertikalschnitte von Ofenschächten dar. In allen ist AB die Gicht, $ABCD$ der Schacht; der Kohlensack CD ist in Fig. 11, 12 und 14 eine Ebene, in Fig. 13 zu einem

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.



Cylinder $CDC'D'$ ausgedehnt. GH ist die Formenebene. In Fig. 11 und Fig. 14 ist $CDEF$ und in Fig. 13 $C'D'EF$ im weiteren Sinne, $CDGH$, beziehungsweise $C'D'GH$ im engeren Sinne die Rast, $GHEF$ das sich mit gleicher Wandneigung anschliessende Gestell. In Fig. 12 ist $CDIK$ die durch abweichende Wandneigung bestimmt vom Gestell $IKEF$ geschiedene Rast. Hier nennt man $IKGH$ das Ober-, $GHEF$ das Untergestell. Während in Fig. 11, 12 und 13 die einzelnen den ganzen Ofenschacht bildenden Kegel mit scharfen Kanten aneinander stoßen, finden sich in Fig. 14 abgerundete Uebergänge.

Die Anwendung der technischen Bezeichnungen für die einzelnen Theile, welche bei den älteren nach Art der Fig. 12 konstruirten Hochöfen sehr bestimmt begränzt war, wird bei den Oefen mit Abrundungen oft kaum noch zulässig.

Der Kernschacht.

Der Ofenschacht ist von Mauerwerk umschlossen, welches im Ganzen den Namen Kernschacht, im Einzelnen aber die Bezeichnungen der inneren Ofenräume (Schacht, Kohlensack, Rast, Gestell) führt. Der Kernschacht ist aus feuerfestem Materiale hergestellt. Er ist oben offen, um die festen Materialien aufgeben und die Gase abführen zu können. Sollen die Gase nicht in Berührung mit der atmosphärischen Luft treten, so bedeckt man die Gicht in den Zeiten, zu welchen nicht aufgegeben wird, oder leitet die Gase durch Oeffnungen (Gaswege), welche in einem etwas tieferen Niveau im Kernschachte angebracht sind, ab.

Die Gichtverschlüsse (Gasfänge) und Gaswege werden im achten Abschnitte im Einzelnen erläutert.

Weiter hinab ist der Kernschacht stets ganz geschlossen und erst im Formenniveau besitzt er die zur Windeinführung nöthigen Oeffnungen (die Formen).

Zahl, Lage und Einrichtung der Formen finden sich im sieben-ten Abschnitte erörtert.

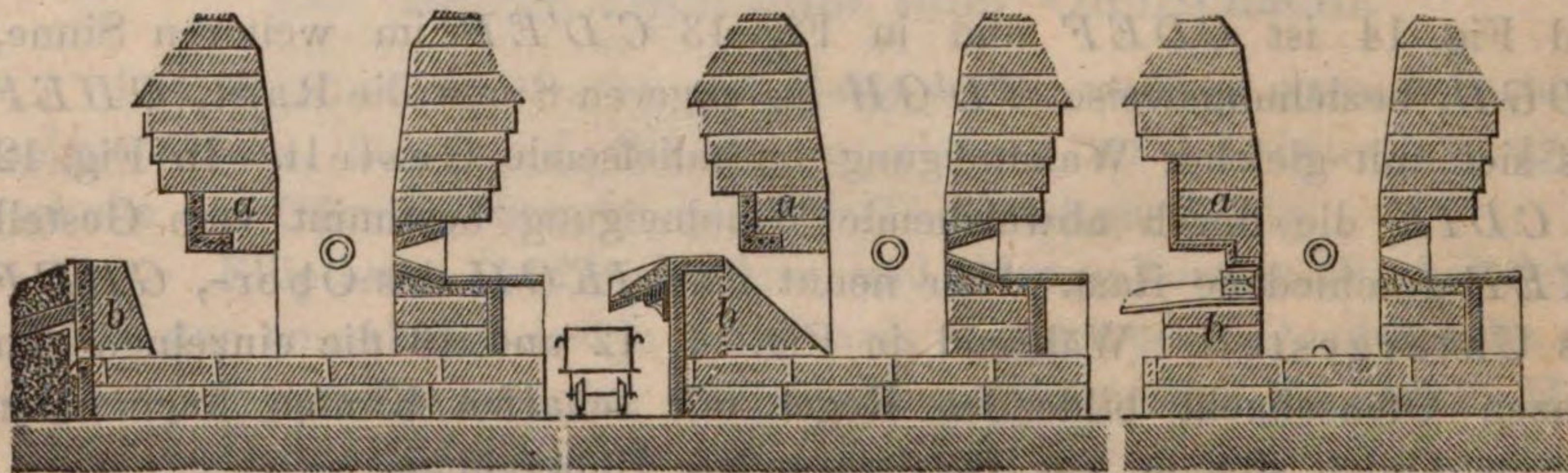
Unterhalb der Formenebenen endlich sind Oeffnungen zum Abfluß der Schlacke (Schlackenfluß) und des Eisens (Stich), letztere ganz am Boden, angebracht.

Nach der Art, wie der unterste Theil des Gestells rücksichtlich des Schlackenabflusses eingerichtet (zugestellt) ist, unterscheidet man Blauöfen und Sumpföfen (Hochöfen im engeren Sinne des Wortes). Ist der Kernschacht auf allen Seiten des Gestelles gleichmäÙig niedergeführt und nur mit röhrenförmigen Oeffnungen zum Abfluß der Schlacke und des Eisens, welche gewöhnlich auf verschiedenen Seiten liegen, versehen (Fig. 17), so wird der Schmelzapparat Blauofen (Blaseofen) ge-

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.



nannt, ist die Vorderwand dagegen nicht bis zum Boden gradlinig fortgesetzt, sondern ist ihr unterster Theil nach auswärts gerückt (Fig. 15, Seite 60), so nennt man ihn Sumpfofen. Da die Vorderwand die Bezeichnung Brust führt, so unterscheidet man die letztere Ofenart auch als Oefen mit offener Brust von der ersteren, den Oefen mit geschlossener Brust. Den untersten Theil des Kernschachtes (*a*, Fig. 15) nennt man bei den Sumpfföfen Tümpel, den herausgerückten Theil (*b*), Dammstein oder Wallstein, weil die Schlacke über ihn fort wallt. In oder neben dem Wallsteine liegt der Stich. Endigt der Wallstein mit seiner Unterkante in der Fortsetzungslinie des Tümpels (Fig. 16), so entsteht eine Zwischenart (Siegerländer Hochöfen).

Der Rauhschacht.

Der Rauhschacht umschließt den Kernschacht und hat theils den Zweck, dem ganzen Ofen den nöthigen Halt zu geben, theils die Wärme-

Fig. 18.

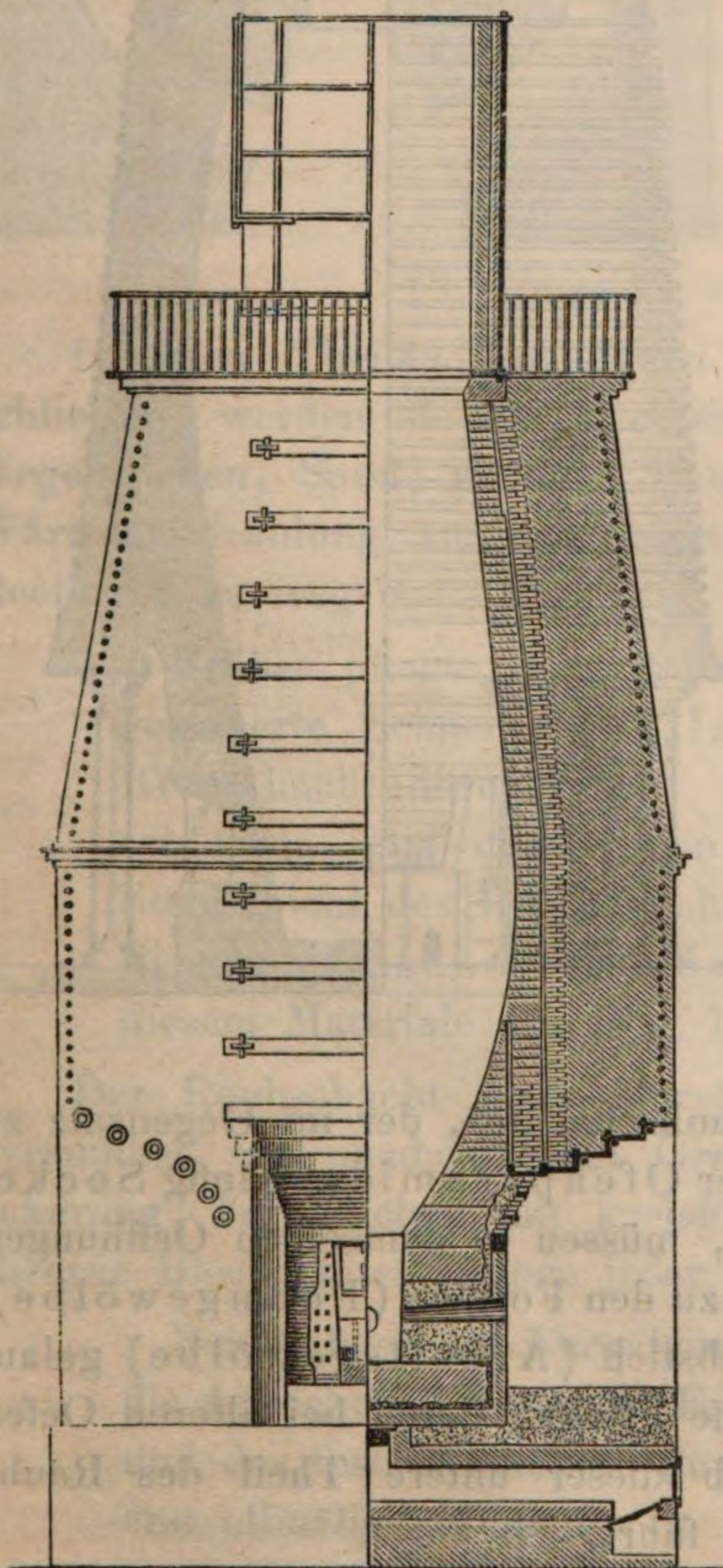
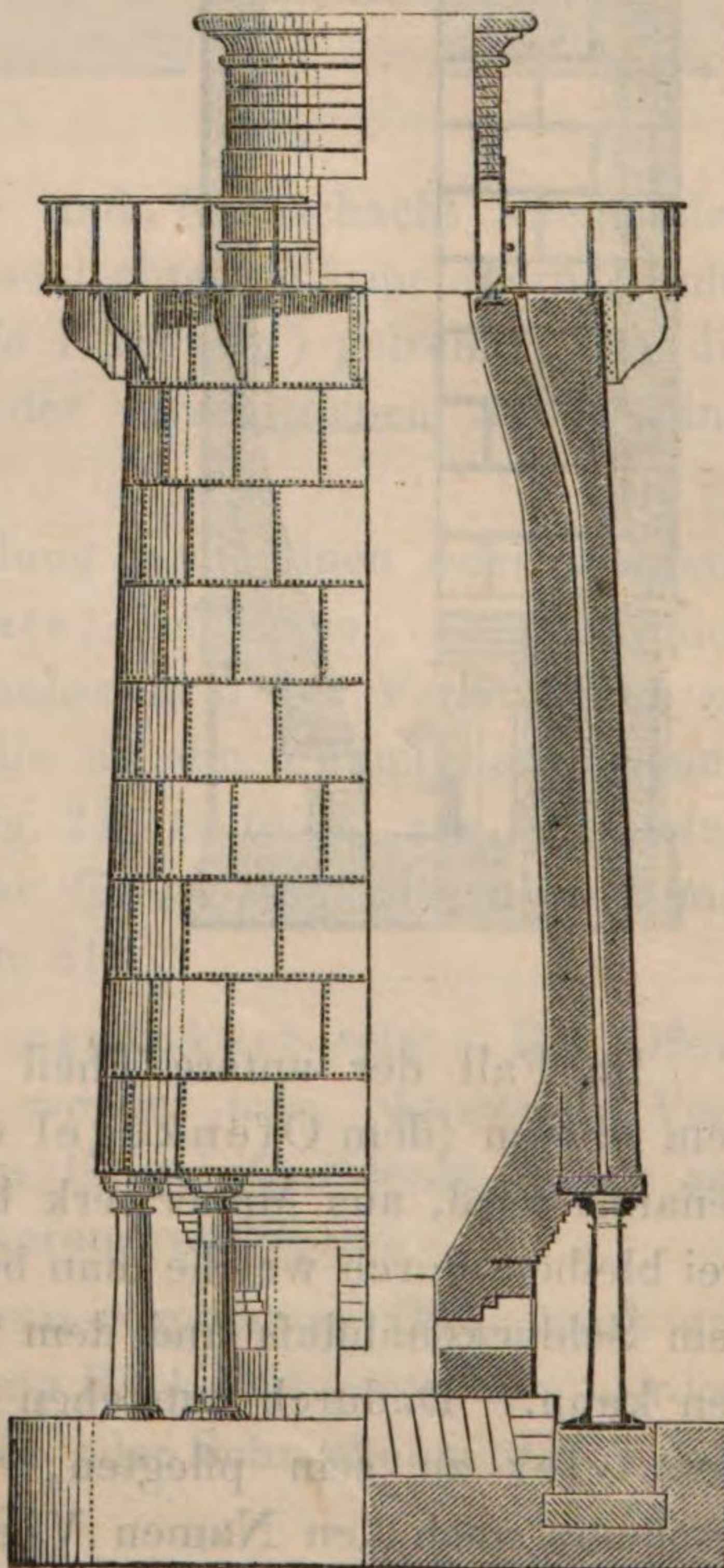


Fig. 19.



ausstrahlung zu vermindern. Früher machte man den Rauhschacht stets ganz aus Mauerwerk (Bruchstein oder gewöhnlichen Ziegeln) und gab ihm meist quadratischen Horizontalquerschnitt (Fig. 18, auf Seite 61). Neuerer Zeit ersetzt man fast allgemein den das Gestell umgebenden Theil des Mauerwerks durch eiserne Säulen und giebt dem oberen Theile einen kreisförmigen Querschnitt (Fig. 21, auf Seite 62), oder mauert den unteren Theil und ersetzt den oberen Theil durch einen Blechmantel (Fig. 20), ja macht nicht selten den ganzen Rauhschacht aus Eisen (Fig. 19, auf Seite 61).

Fig. 20.

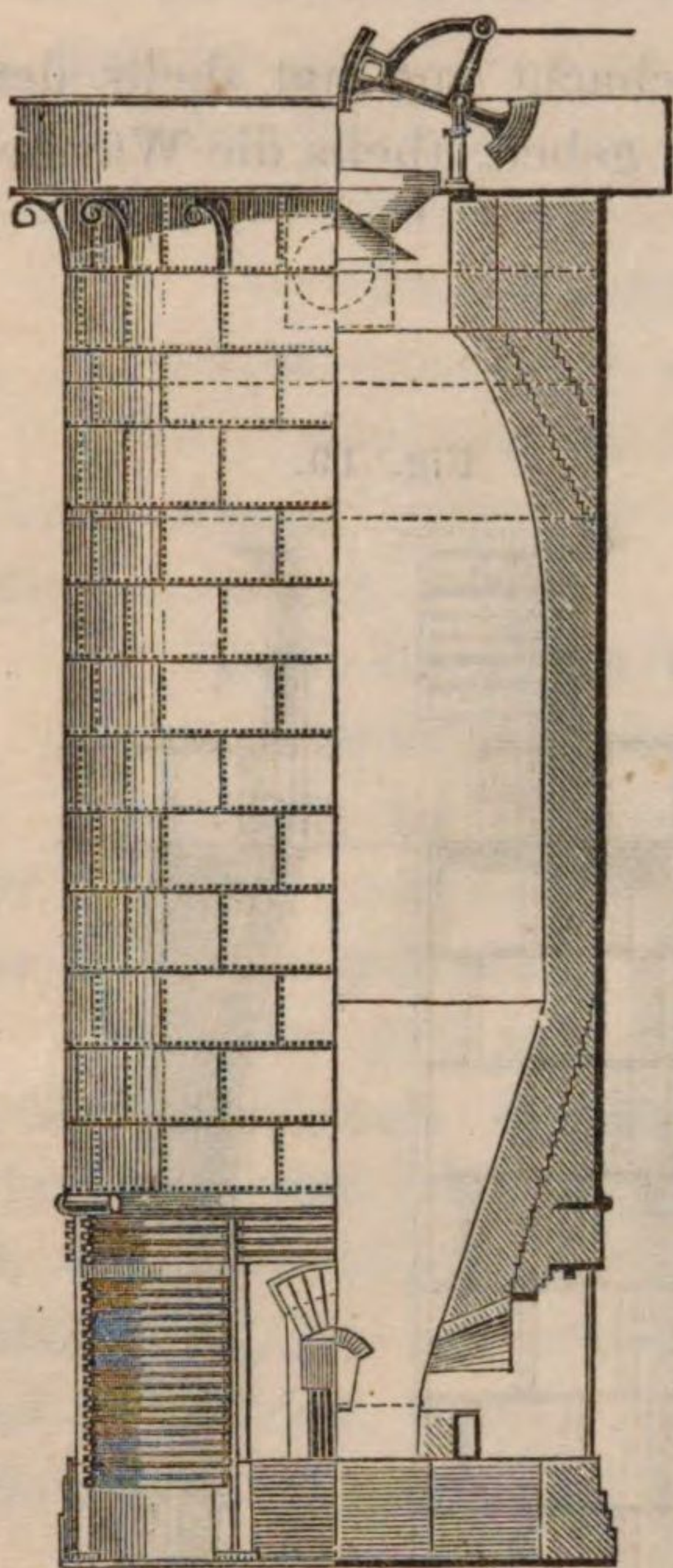
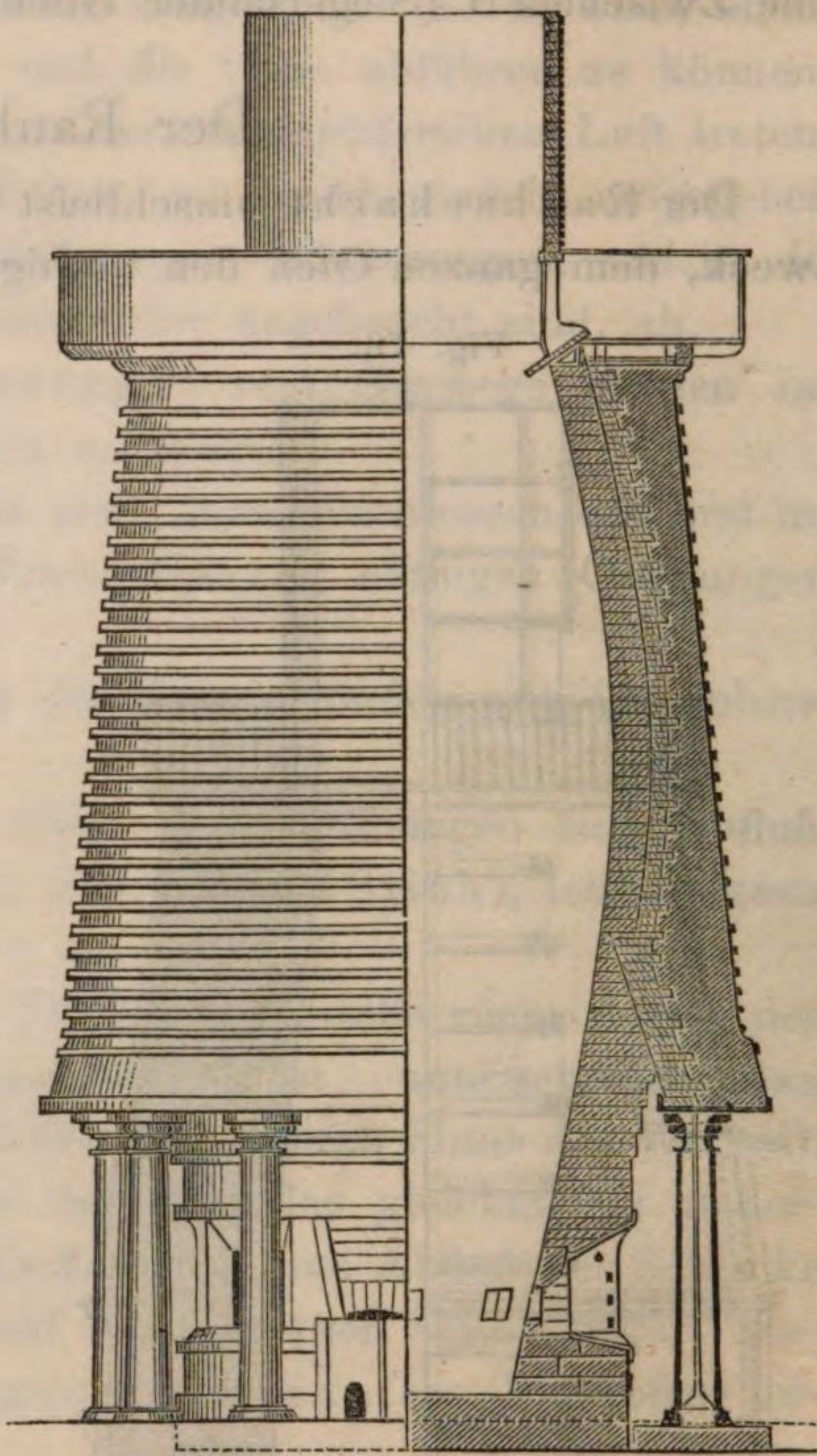


Fig. 21.

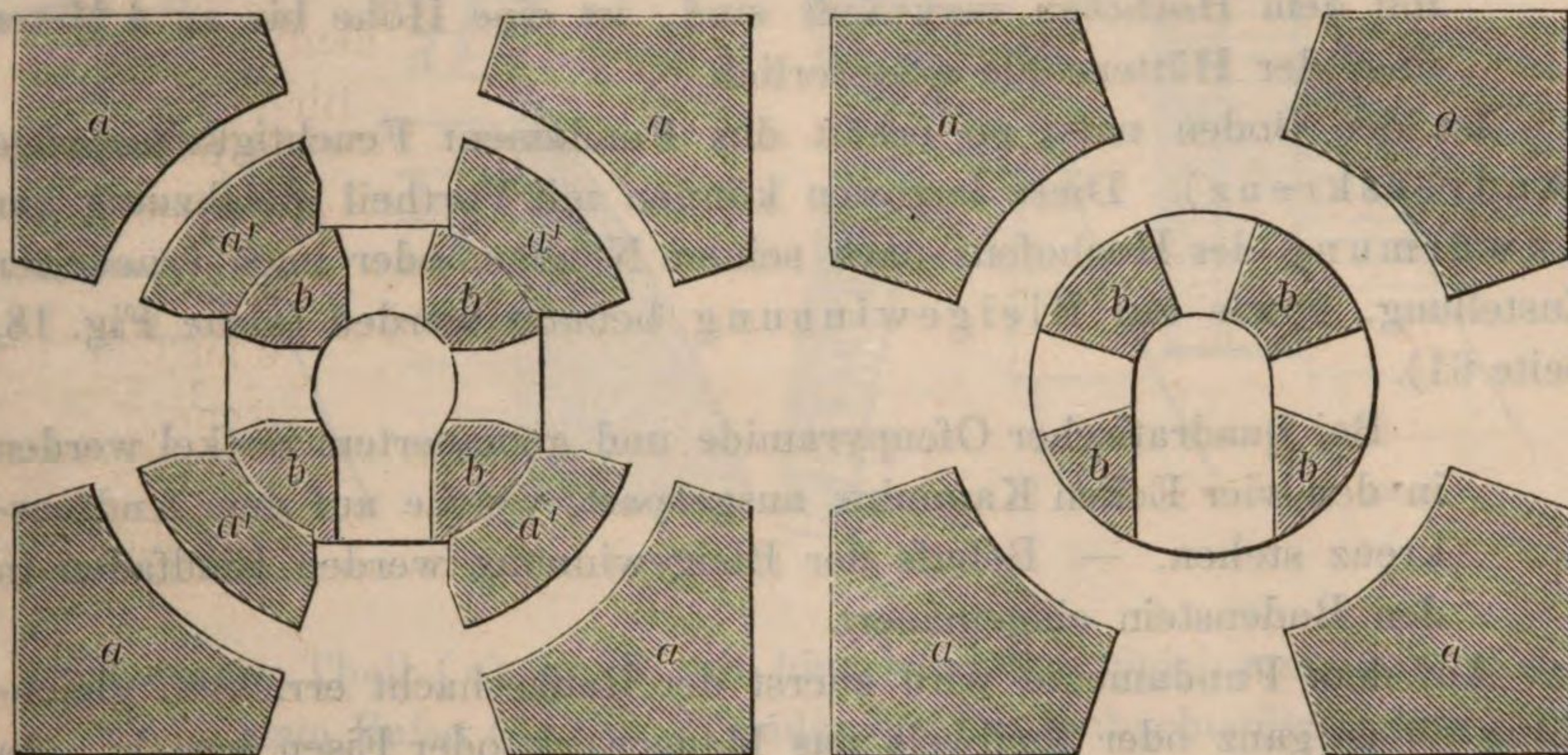


Im Fall der untere Theil des Rauhschachtes, der im Gegensatz zu dem oberen (dem Ofenkegel oder der Ofenpyramide) häufig Sockel genannt wird, aus Mauerwerk besteht, müssen in demselben Oeffnungen frei bleiben, durch welche man bequem zu den Formen (Formgewölbe), dem Schlackenabfluß und dem Eisenabstich (Arbeitsgewölbe) gelangen kann. Dadurch entstehen einzelne Pfeiler, deren bei älteren Oefen stets vier zu sein pflegten, weshalb dieser untere Theil des Raughemäuers auch den Namen Vierpafs führt.

Bei älteren Konstruktionen, Oefen mit eingebautem Gestelle, Fig. 22, schliessen die Pfeiler eng an das Gestell (*b*) an und der Bequemlichkeit wegen ist das Rauhgemäuer von niedrigen gewölbten Gängen durchbrochen. Neuerdings trennt man die Pfeiler (*a*) vom Gestelle (Oefen mit freistehendem Gestelle, Fig. 23) und erhält dadurch eine wünschenswerthe Zugänglichkeit des letzteren.

Fig. 22.

Fig. 23.



In allen Theilen, an denen Rauh- und Kernschacht aneinander schliessen, werden sie durch einen mit schlechten Wärmeleitern (Luft, Ziegelstücken, Sand) gefüllten Raum (die Füllung) getrennt, um die Wärmeausstrahlung zu vermindern und der verschiedenen Ausdehnung Rechnung zu tragen.

Früher pflegte man in die Füllung noch einen oder mehrere gemauerte Schächte (Füllschächte) einzufügen, um falls der Kernschacht durchbrannte, den Rauhschacht vor Verletzungen zu schützen; jetzt macht man nur die an die Füllung anstoßende Steinschicht des Rauhschachtes (Fig. 21, Seite 62) aus feuerfesten Ziegeln (falsches Hemde), oder füttert den Eisenmantel mit diesem Materiale aus (Fig. 19, Seite 61).

Der Rauhschacht muß hinreichend verankert sein. Bei Ofenpyramiden mit quadratischem Grundriß wendet man oktagonale Verankerung, bei solchen mit kreisförmigem Grundriß eiserne Reifen an. Eiserne Blechmäntel können jeder Verankerung entbehren.

Bei Anlage der Verankerung an neu gebauten Oefen muß auf die Ausdehnung durch die Erwärmung Rücksicht genommen werden und das feste Anziehen (durch Keile oder Schraubenmutter) darf erst allmählig erfolgen.

Bau des Hochofens.

Die Tragfähigkeit des Fundamentes eines Hochofens muß für das Gewicht des gefüllten Ofens berechnet werden.

2—3 Meter Stärke genügen stets, doch wird dasselbe bis zur Erdoberfläche und mit Vortheil noch 1—2 Meter darüber hochgeführt, um hinreichendes Gefälle für Schlacke und Roheisen und eine bequeme Verladung zu erzielen. Wo Bessemer-Anlagen direkt mit dem Hochofen verknüpft sind, ist eine Höhe bis zu 4 Meter über der Hüttensohle erforderlich.

Ist der Boden naß, so erhält das Fundament Feuchtigkeitsabzüge (Andreaskreuz). Diese letzteren können mit Vortheil gleichzeitig zur Anwärmung des Hochofens nach seinem Neubau, oder nach erneuerter Zustellung, sowie zur Bleigewinnung benutzt werden (siehe Fig. 18, Seite 61).

Bei quadratischer Ofenpyramide und gemauertem Sockel werden in den vier Ecken Kammine ausgespart, welche auf dem Andreaskreuz stehen. — Behufs der Bleigewinnung werden Bindfaden in den Bodenstein eingemauert.

Auf dem Fundamente wird zuerst der Rauhschacht errichtet, gleichgültig ob er ganz oder theilweis aus Mauerwerk oder Eisen besteht. In denselben werden sodann die Füllschächte eingebaut, falls solche angelegt werden sollen, sonst wird sofort der obere Theil des Kernschachtes eingesetzt. Derselbe findet seine Unterlage zwar meist gleichzeitig mit der Ofenpyramide auf dem Sockel, wird indessen zweckmäßiger durch eine besondere Reihe von Säulen oder Stützen getragen. Er wird als senkrechte Mauer (Fuß) bis zur Höhe des Kohlensackes aufgeführt und begränzt daher bis dahin nicht direkt den inneren Ofenraum, sondern folgt erst vom Kohlensack aus bis zur Gicht der Gestalt des Ofenschachtes. Er besteht fast ausnahmslos aus feuerfesten Ziegeln. Zwischen den Stützen des oberen Kernschachtes wird nunmehr auf dem Fundamente (gewöhnlich getrennt von diesem durch eine Sandschicht) der den Ofenschacht nach unten begränzende Bodenstein angelegt. Derselbe trägt den unteren Theil des Kernschachtes (Gestell und Rast) und besteht wie dieser entweder aus feuerfesten Ziegeln, aus Masse (einem Gemisch von pulverisirtem Quarz, gebranntem und ungebranntem Thone) oder aus behauenen natürlichen feuerfesten Steinen.

Der Anschluß des unteren an den oberen Theil des Kernschachtes ist so zu bewirken, daß der erstere bei seiner sehr starken Erhitzung sich ungehindert durch den letzteren nach oben ausdehnen kann.

Ein Anschluß, bei welchem der obere Theil des Kernschachtes (*a*, Fig. 24, auf Seite 65) sich direkt auf den unteren Theil (*c*) stützt, ist daher ganz zu verwerfen. Der richtigste Anschluß, bei

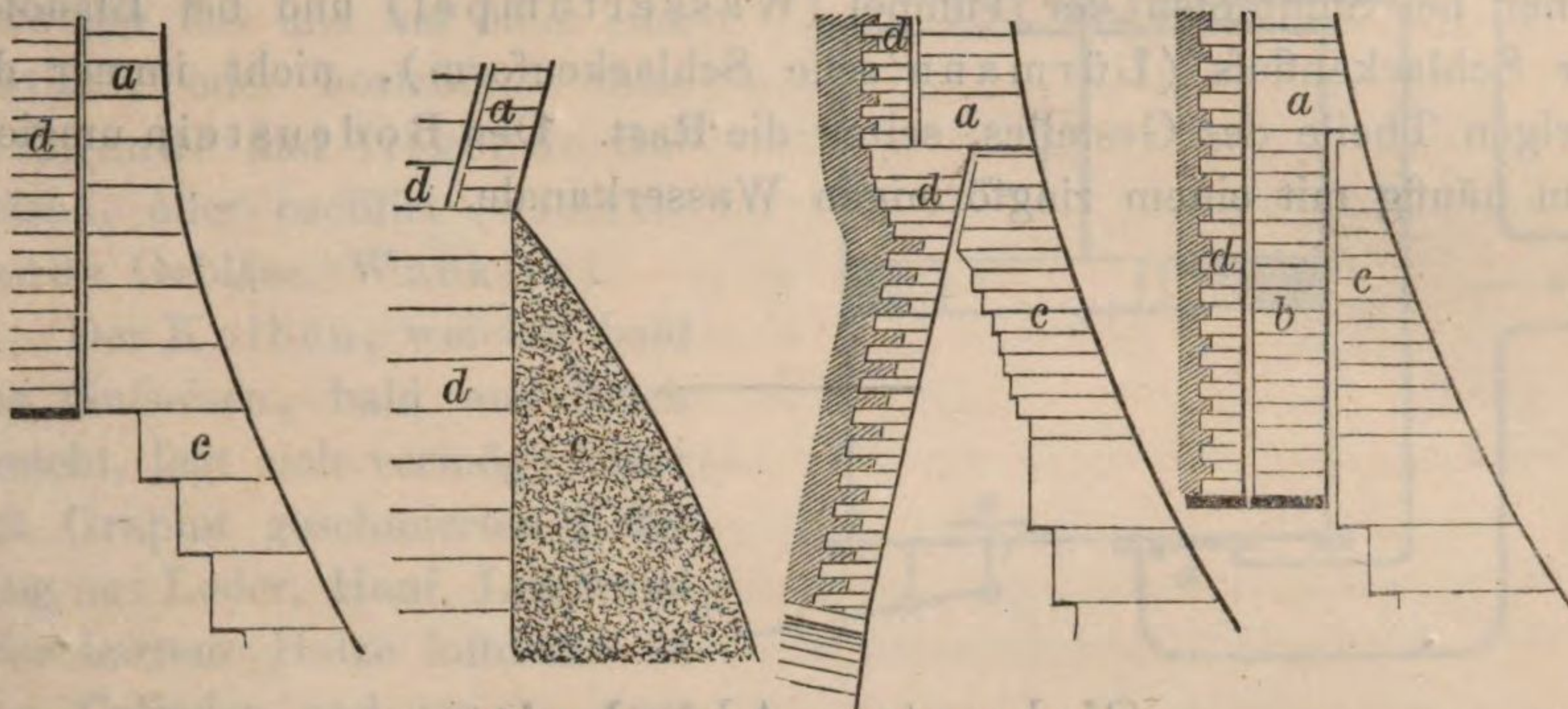
welchem der untere Theil (*c*, Fig. 25, wo der Kernschacht *a* und der Rauhschacht *d* durch gemeinschaftliche Pfeiler gestützt werden), ganz frei beweglich anliegt, ist nur bei Massegestellen zu erreichen. Das übliche Auskunftsmittel zeigen Fig. 26 und 27: Der

Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 27.



untere Theil (*c*) greift mit hinreichendem Spielraume unter den von dem Fulse (*b*, Fig. 27) oder der Rauhschachtstütze (*d*, Fig. 26) getragenen Raststein (*a*). Die Konstruktion der Fig. 27 ist die bessere, weil sie eine völlig getrennte Unterstützung von Rauhschacht und Kernschacht gestattet.

Den zum Bau der inneren Theile eines Hochofens verwendeten feuerfesten Ziegeln muß durch Formen (nicht durch Behauen) die passende Gestalt gegeben sein. Sie müssen mit möglichst wenig Mörtel verbunden werden. Die Mauerung geschieht nach Chablonen. Natürliche feuerfeste Steine (Sandsteine, Conglomerate, besonders aus der Uebergangsformation und dem flötzleeren Sandsteine), müssen so behauen werden, daß ihre Schichtungsebenen senkrecht auf der feuerberührten Fläche stehen. Masse (gewöhnlich 0,3 Thon, 0,6 Sand, 0,1 Chamotte mit Wasser bis zum Ballen angefeuchtet) wird um hölzerne Modelle mit erwärmten eisernen Keulen in schwachen Lagen aufgestampft.

Gestell und Rast sind am schnellsten der Zerstörung ausgesetzt. Ihre Haltbarkeit bedingt gewöhnlich die Länge einer Ofenreise (Hüttenreise, Campagne). Die meisten Oefen erfordern alle drei bis vier Jahre eine neue Zustellung, doch kommen auch Ofenreisen von mehr als zwanzig Jahren vor. Der obere Kernschacht sollte mindestens drei bis vier Ofenreisen aushalten; der Rauhschacht kann Jahrhunderte stehen.

Um das Durchbrennen einzelner Theile des Kernschachtes (namentlich des Bodensteins, des Gestells und der Rast) zu vermeiden, kühlt man sie

durch Wasser (Wasserkühlung). Man läßt das Wasser entweder direkt gegen das Mauerwerk spülen (Berieselungsmethode), oder führt es unter Druck durch eiserne Behältnisse (schmiedeiserne Rohre oder gusseiserne Kästen), welche eingemauert sind (Cirkulationsmethode). Fast stets werden die metallenen Hülzen (Wasserformen) gekühlt, mit welchen die Windzuführungsöffnungen ausgekleidet sind, ferner bei Sumpfföfen der Tümpel (Wassertümpel) und bei Blauöfen der Schlackenfluß (Lürmann'sche Schlackenform), nicht immer die übrigen Theile des Gestelles, selten die Rast. Den Bodenstein umgiebt man häufig mit einem ringförmigen Wasserkanale.

Siebenter Abschnitt.

Der Wind. *)

Der Wind, vermittelt dessen das Brennmaterial im Hochofen zu Kohlenoxyd verbrannt werden soll, wird durch Gebläsemaschinen erzeugt, durch Regulatoren auf eine gleichmäßige Pressung gebracht, in Röhrenleitungen in die Nähe seines Verwendungsortes geführt, dort durch besondere Apparate erhitzt, um den Hochofen vertheilt und vermittelt der Düsen durch die Formen eingeblasen.

Gebläsemaschinen. **)

Für den Hochofenbetrieb wendet man heutigen Tages fast ausnahmslos eiserne Cylindergebläse an. Von anderen Gebläsen kommen nur noch hin und wieder hölzerne Kastengebläse zur Anwendung.

1. Cylindergebläse.

Das Cylindergebläse besteht aus einem hohlen, an beiden Seiten durch Deckel verschlossenen, eisernen Cylinder (Fig. 28 auf Seite 67), in welchem ein Kolben (*a*) hin- und herbewegt wird. Bei dieser Bewegung wird einerseits die atmosphärische Luft durch Ventile (Saug- oder Einlaufs-Ventile, *b* und *c*) angesaugt, andererseits die beim um-

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk., Abth. II., S. 40 — 214. **) Vergl. Seite 54.

gekehrten Gange des Kolbens bereits angesaugte Luft zusammengepresst und durch andere Ventile (Druck- oder Auslaßventile, *d* und *e*) in die Röhrenleitung (*f*) fortgeschafft.

Der Cylinder ist innen abgedreht. Sein Durchmesser schwankt zwischen 1 und 4 Meter. Er steht entweder fest und hat dann eine vertikale oder horizontale Axe (stehende und liegende Gebläse), oder oscillirt (oscillirende Gebläse, Wackler).

Der Kolben, welcher bald aus Gufseisen, bald aus Blech besteht, legt sich vermöge einer mit Graphit geschmierten Liderung aus Leder, Hanf, Leinwand oder hartem Holze luftdicht an den Cylinder und ist an einer Kolbenstange befestigt, welche bald nur durch einen, bald durch beide Cylinderdeckel und zwar in Stopfbüchsen geführt wird.

Seltner als solche doppelwirkende, sind einfach wirkende Cylindergebläse, deren Cylinder nur mit einem Deckel versehen ist und deren einziger Vorthail in der größeren Leichtigkeit besteht, mit welcher die Liderung erneuert werden kann.

Die Ventile sind meist Klappenventile (*b*, *d*, *e*, Fig. 28) seltner Tellerventile (*c*) und schliessen sich durch eigene Schwere, welche zum Theil durch Gegengewichte (z. B. bei *c*) oder Federn abbalancirt ist. Seltner werden Schieberventile (Slate, Thomas, Laurent, Cavé und Schmidt's Konstruktionen) angewendet, welche ihre Bewegung vom Motor aus erhalten.

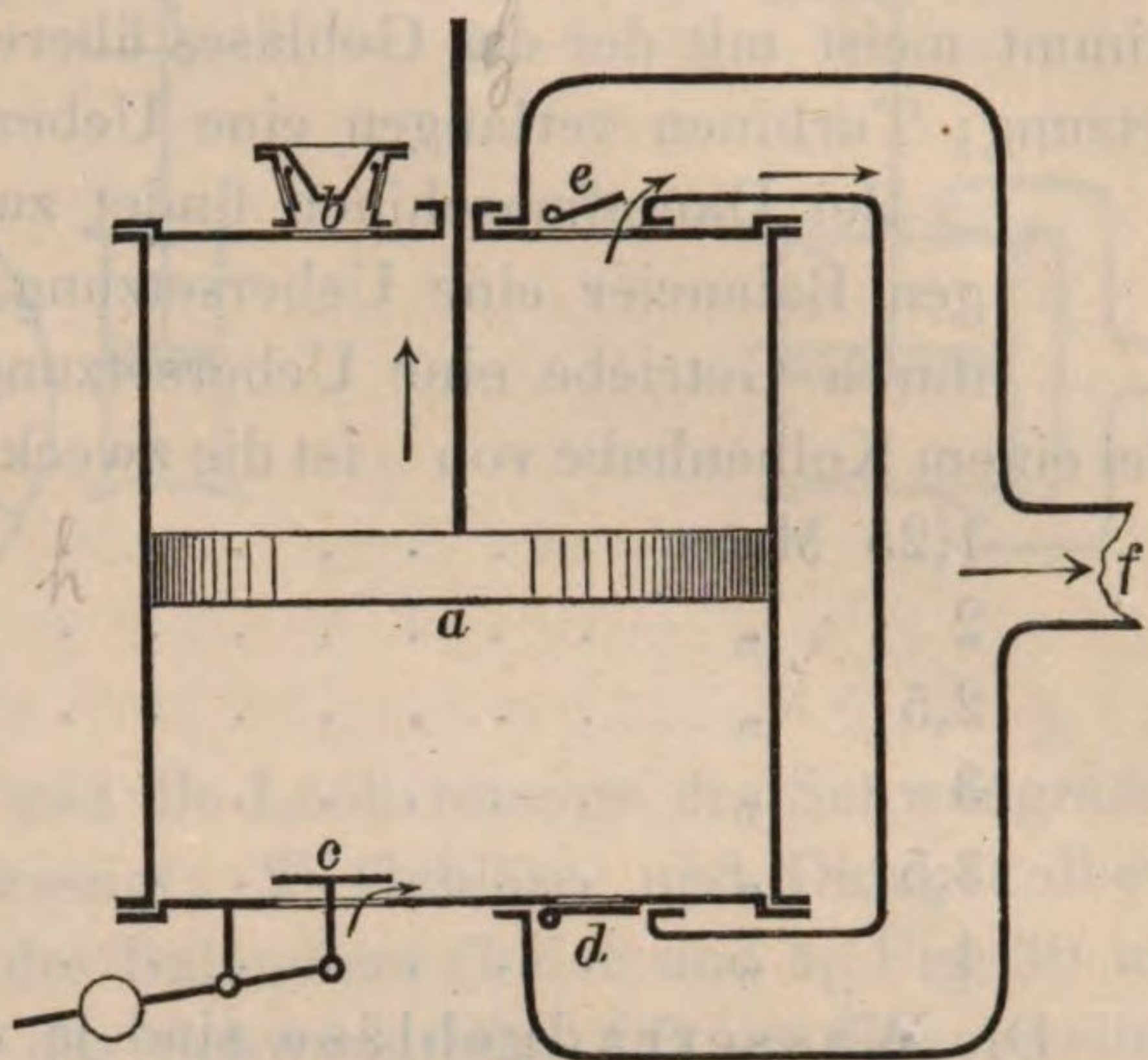
Der Querschnitt der Druckventile verhält sich zum Querschnitt des Kolbens wie 1 : 10 bei langsamer Bewegung, wie 1 : 6 und darunter bei schnellerer Bewegung. Die Saugventile erhalten im ersten Falle die 1,5- bis 2-, im letzten Falle die 2- bis 4malige Gröfse der Druckventile.

Als Motoren dienen meist Dampfmaschinen, deren Cylinder dann eine dem Gebläsecylinder entsprechende Lage hat, bei stets ausreichender Wasserkraft auch Wasserräder, selten Turbinen.

Zur Dampferzeugung werden die Gichtgase des Hochofens verwendet, weshalb auch bei ausreichender Wasserkraft oft ein Dampfgebläse vorzuziehen ist.

Häufig sind mit einem Motor zwei oder mehrere Gebläsecylinder verbunden. Der Motor ist entweder mit der Kolbenstange des Gebläses

Fig. 28.



unmittelbar (direkt wirkende Gebläsemaschinen) oder durch Balancier, seltener auch durch Vorgelege (indirekt wirkende Gebläsemaschinen) in Verbindung gesetzt.

Die Geschwindigkeit der Dampfmaschinen und der Wasserräder stimmt meist mit der des Gebläses überein und bedarf daher keiner Uebersetzung; Turbinen verlangen eine Uebersetzung ins Langsame.

Bei Dampfmaschinen findet zuweilen durch einen ungleicharmigen Balancier eine Uebersetzung ins Langsame, bei Wasserrädern durch Getriebe eine Uebersetzung ins Geschwinde statt.

Bei einem Kolbenhube von ist die zweckmässigste Geschwindigkeit pr. Min.

1,25 Meter	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55,2 Meter,
2	"	.	.	.	.	.	.	.	.	62 "
2,5	"	.	.	.	.	.	.	.	.	68 "
3	"	.	.	.	.	.	.	.	.	72 "
3,5	"	.	.	.	.	.	.	.	.	76 "
4	"	.	.	.	.	.	.	.	.	80 "

Die Wasserradgebläse sind je nach der Lage der Wasserradwelle stehende oder liegende. Die Uebertragung der Bewegung findet meist direkt von der Radwelle durch Kurbelzapfen und Lenkerstangen auf den

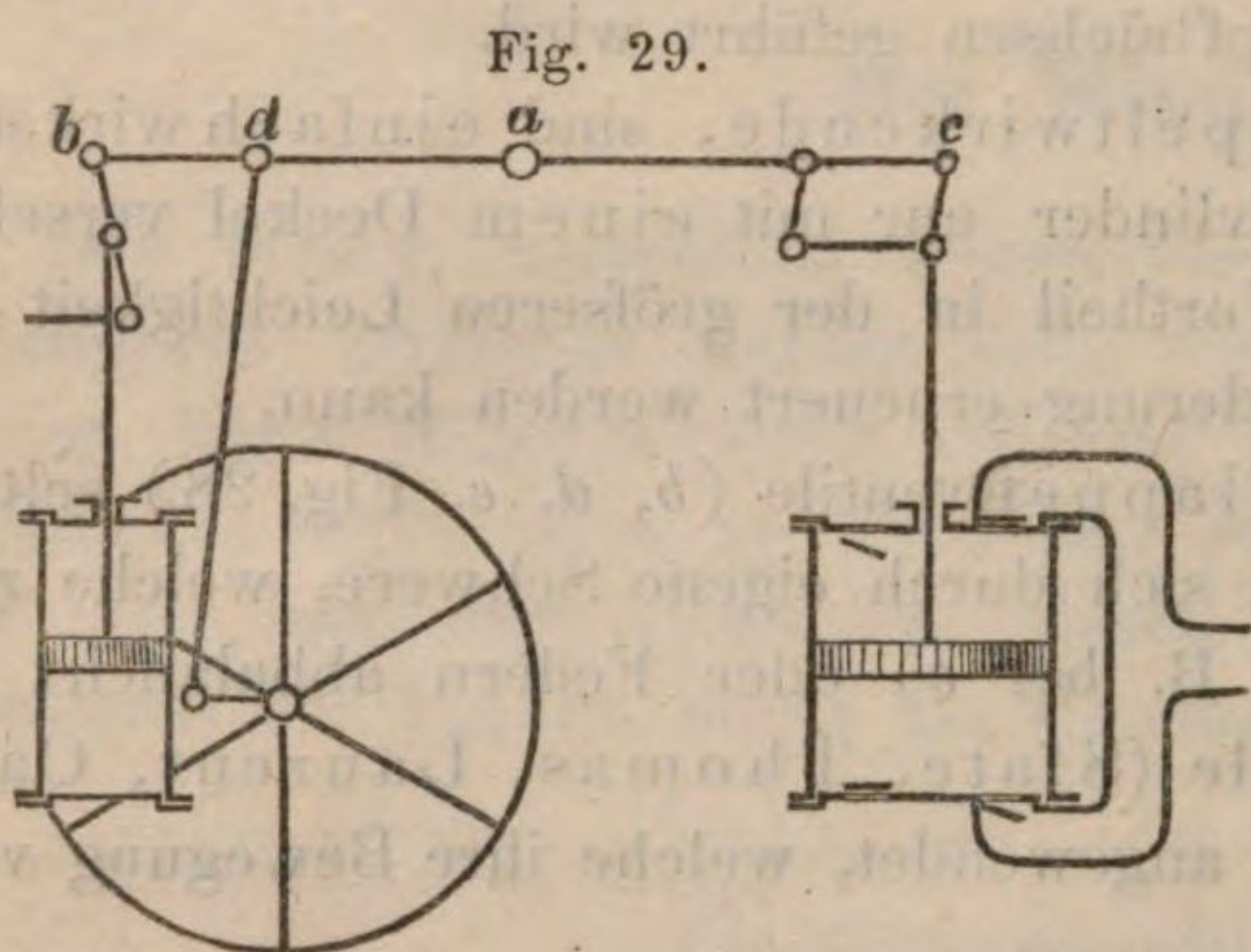


Fig. 29.

Kolben des in einem höheren Niveau stehenden oder in gleichem Niveau liegenden Gebläsecylinders statt.

Die Dampfgebläse sind ebenso häufig stehende, wie liegende, direkt, wie indirekt wirkende, selten dagegen oscillirende.

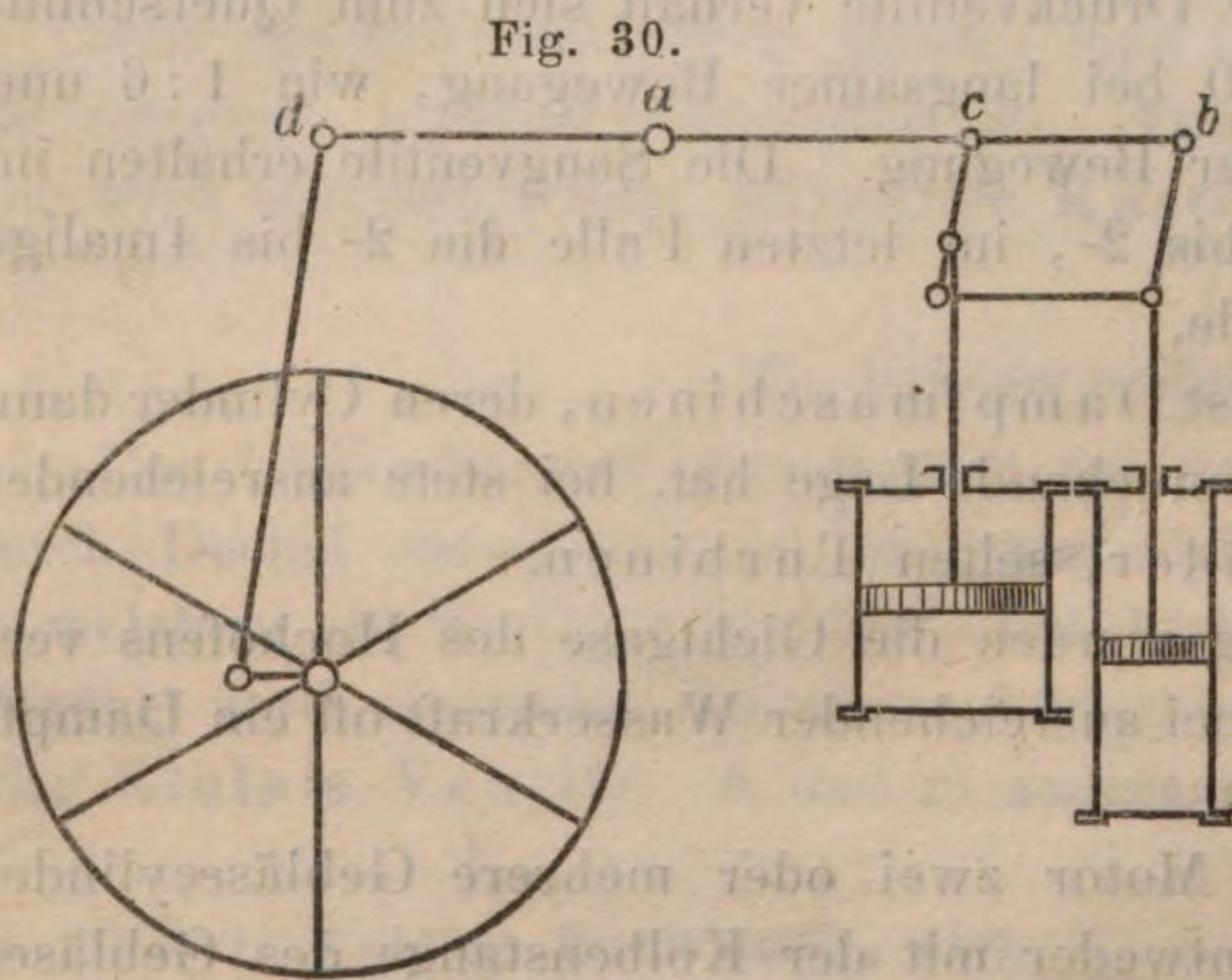


Fig. 30.

Bei stehenden Dampfgebläsen befinden sich entweder beide Cylinder auf derselben Sohle (Fig. 29 bis 31) und die Kolbenstangen sind durch einen Balancier verbunden, durch welchen gleichzeitig ein Schwungrad bewegt wird, oder die beiden Cylinder stehen über einander (Fig. 32 — 34 auf Seite 69), und das Schwungrad wird von einem Kreuz-

kopf, oder einem einarmigen Balancier aus in Umdrehung versetzt.

Bei stehender Anordnung mit Balancier:

1) Gebläse- und Dampfkolbenstange greifen rechts und links (bei *c* und *b*, Fig. 29 auf Seite 68) vom

Drehpunkt (*a*) des Balanciers an und die Lenkerstange des Schwungrades ist zwischen beiden (bei *d*) abgezweigt; 2) Gebläse- und Dampfkolbenstange wirken an einem Arme des Balanciers (bei *c* und *b*, Fig. 30 auf Seite 68), und die Lenkerstange des Schwungrades (*d*) an dem zweiten

Fig. 31.

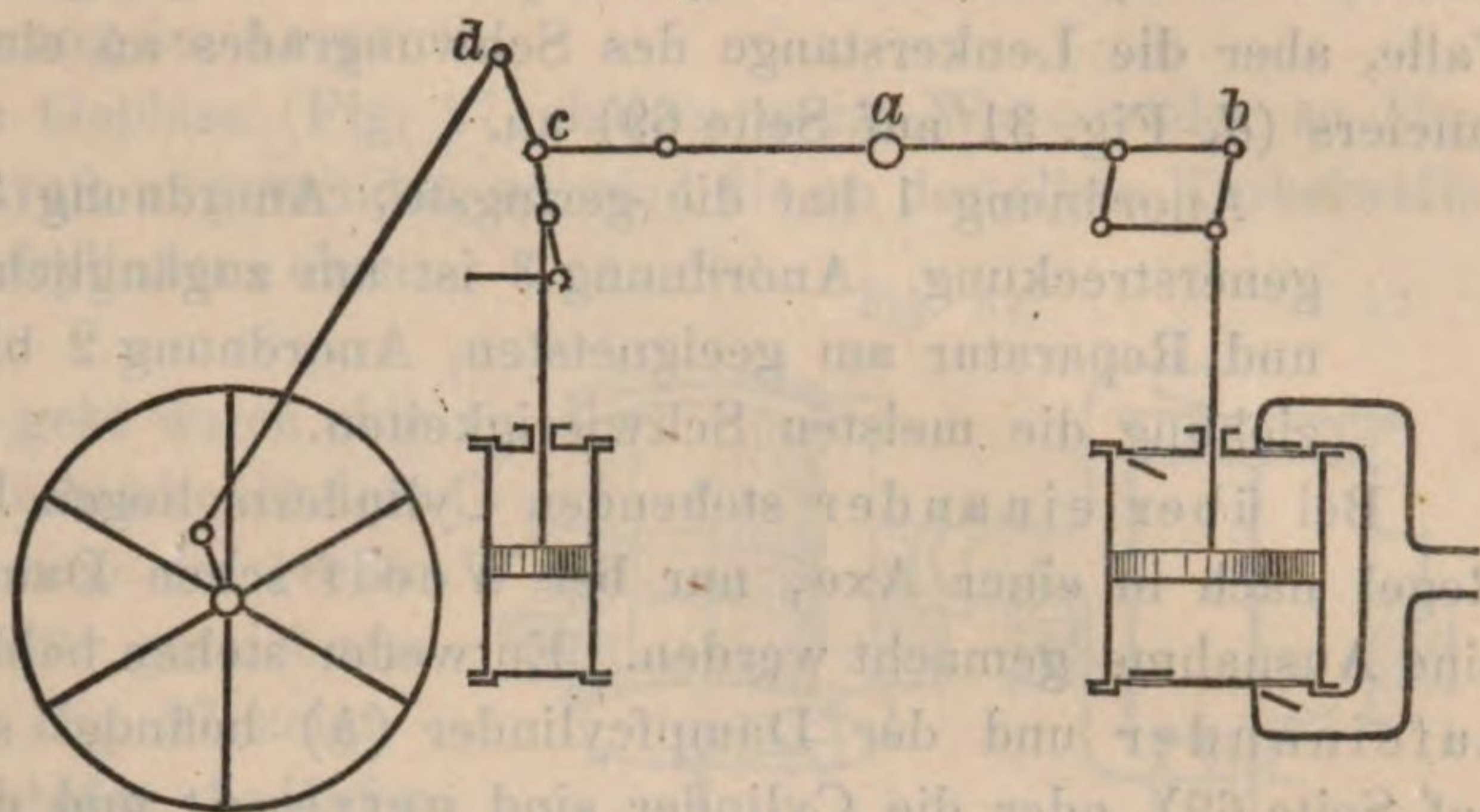


Fig. 33.

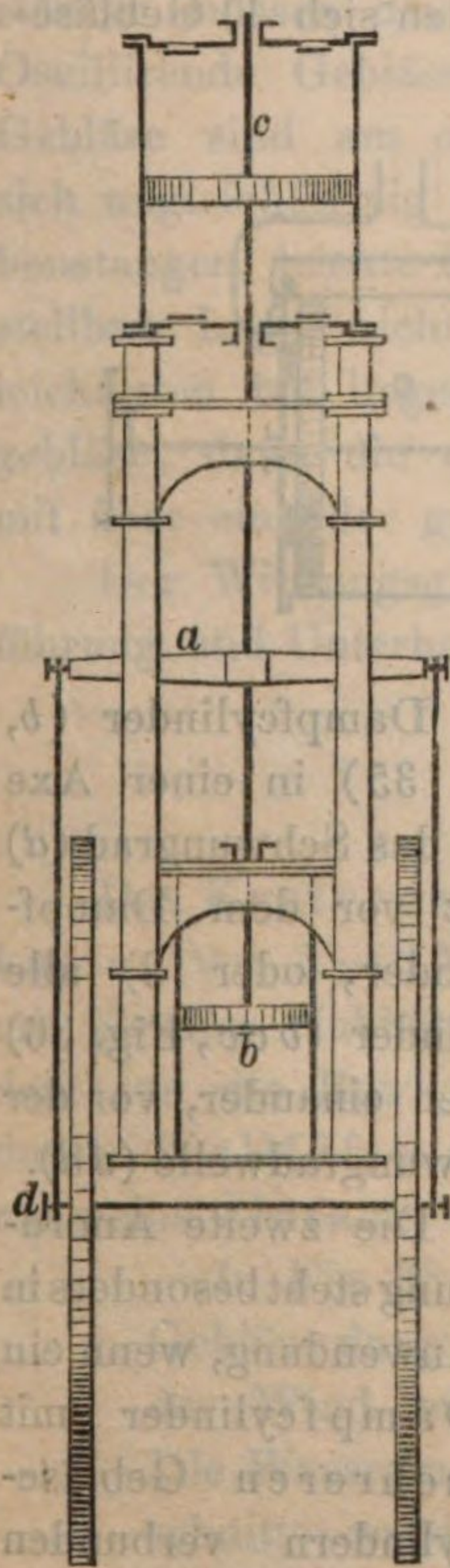


Fig. 34.

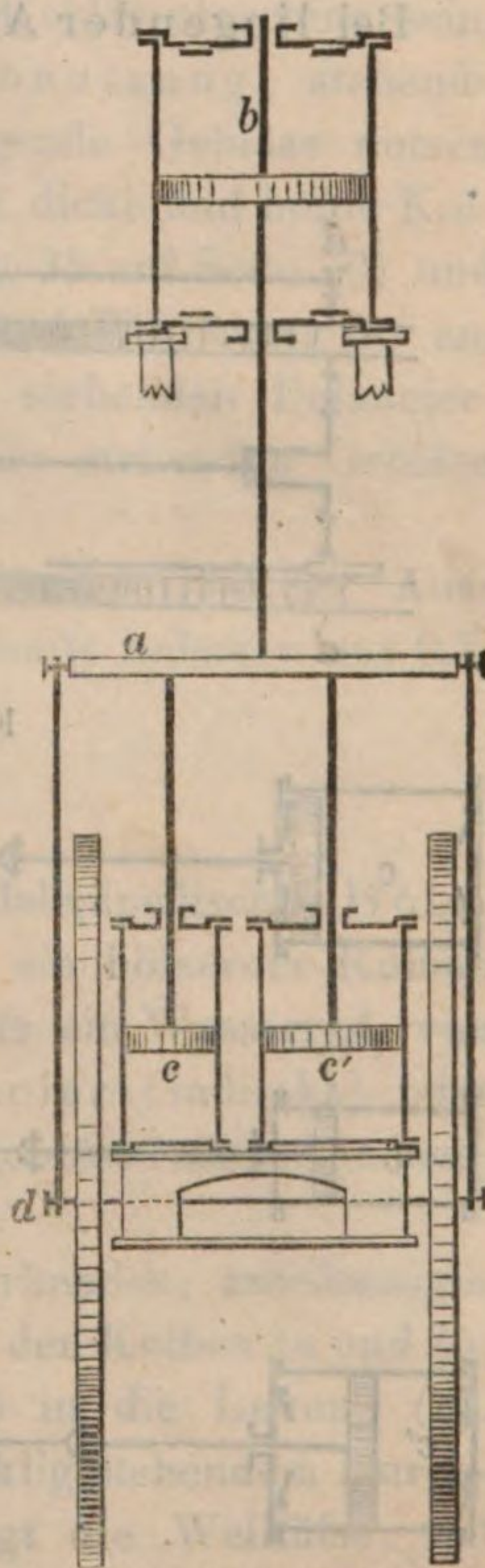
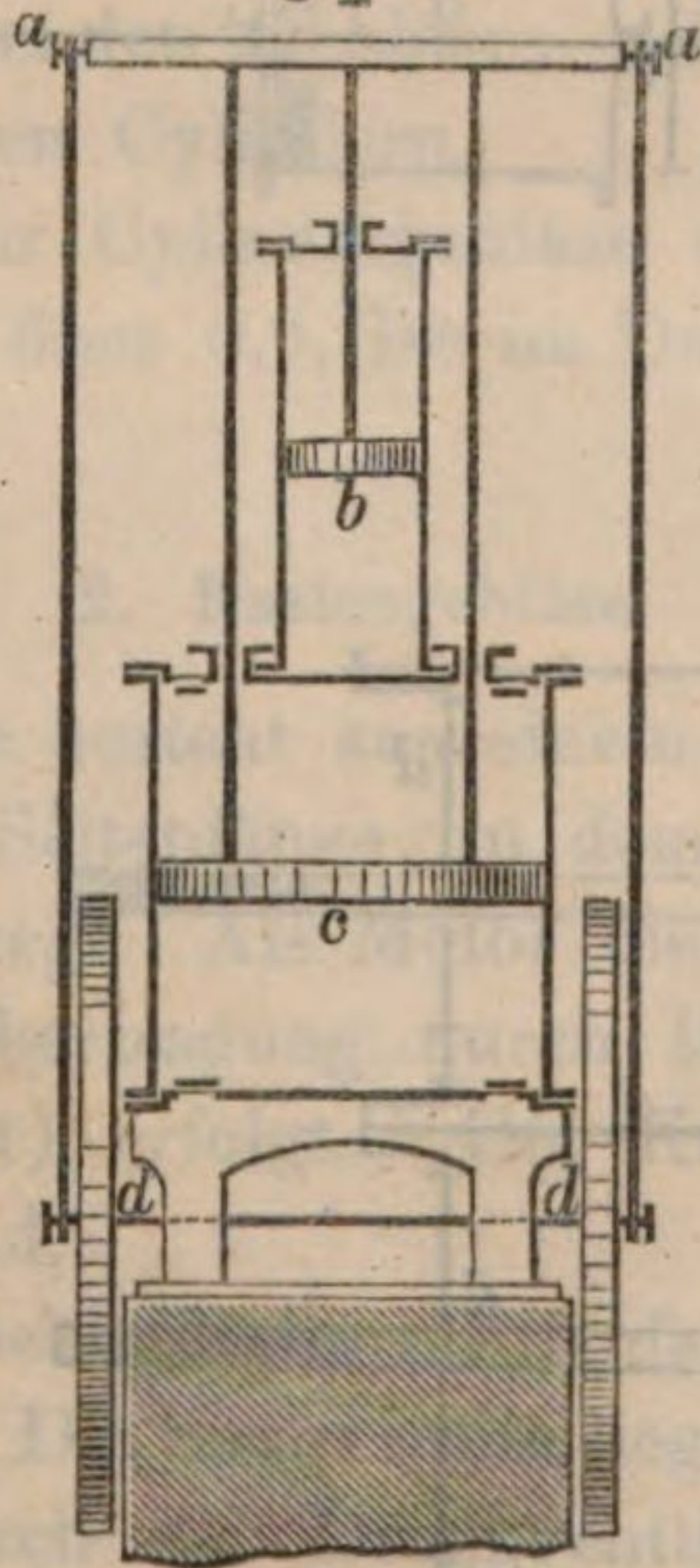


Fig. 32.



Arme; oder 3) Gebläse- und Dampfkolbenstange greifen wie im ersten Falle, aber die Lenkerstange des Schwungrades an einem Horn des Balanciers (*d*, Fig. 31 auf Seite 69) an.

Anordnung 1 hat die geringste, Anordnung 3 die größte Längenerstreckung. Anordnung 3 ist am zugänglichsten, für Liderung und Reparatur am geeignetsten, Anordnung 2 bietet in dieser Beziehung die meisten Schwierigkeiten.

Bei über einander stehenden Cylindern liegen beide Cylinder der Regel nach in einer Axe, nur bei Woolf'schen Dampfmaschinen muß eine Ausnahme gemacht werden. Entweder stehen beide Cylinder direkt aufeinander und der Dampfzylinder (*b*) befindet sich oben (Fig. 32 auf Seite 69), oder die Cylinder sind getrennt und der Gebläsezylinder (*c* Fig. 33, *b* Fig. 34 auf Seite 69) steht oben. Die Schwungradwelle liegt gewöhnlich unter, selten über den Cylindern.

Die erste Anordnung ist sehr unbequem für die Liderung. Bei der zweiten Anordnung muß der schwerere Gebläsezylinder der Dampfcondensation an der Stopfbüchse wegen oben stehen, was übrigens die Aufsicht erleichtert.

Bei liegender Anordnung der Dampfgebläse finden sich 1) Gebläse-

Fig. 35.

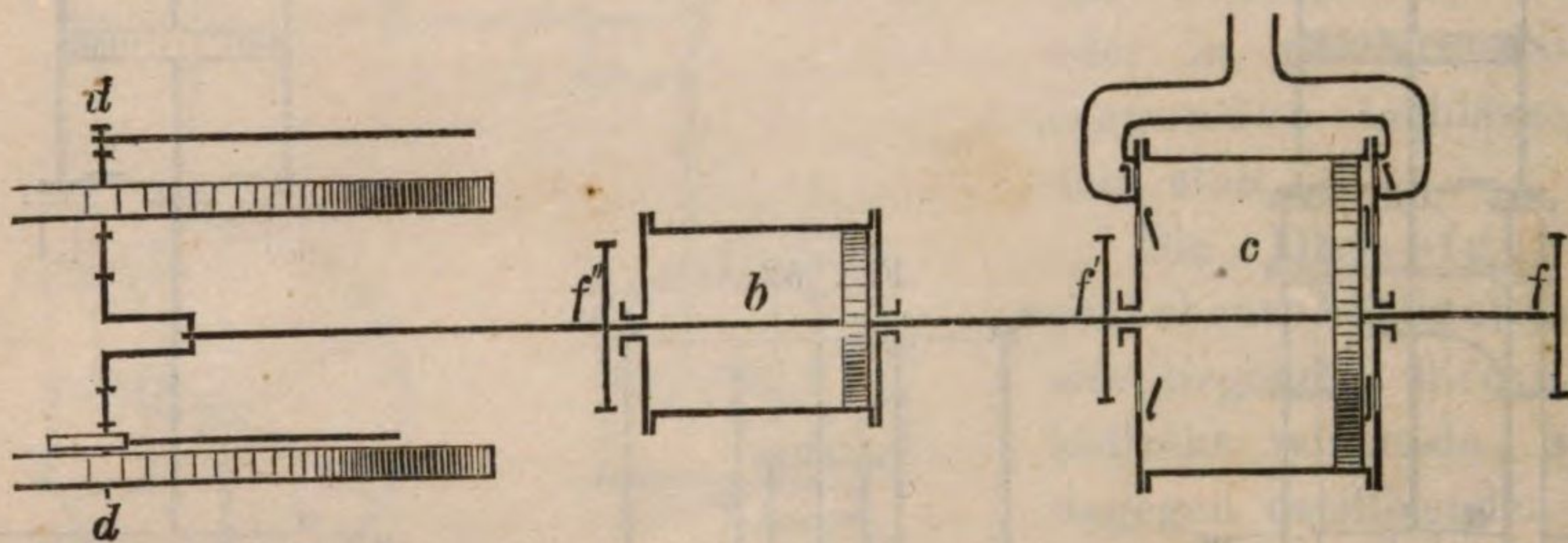
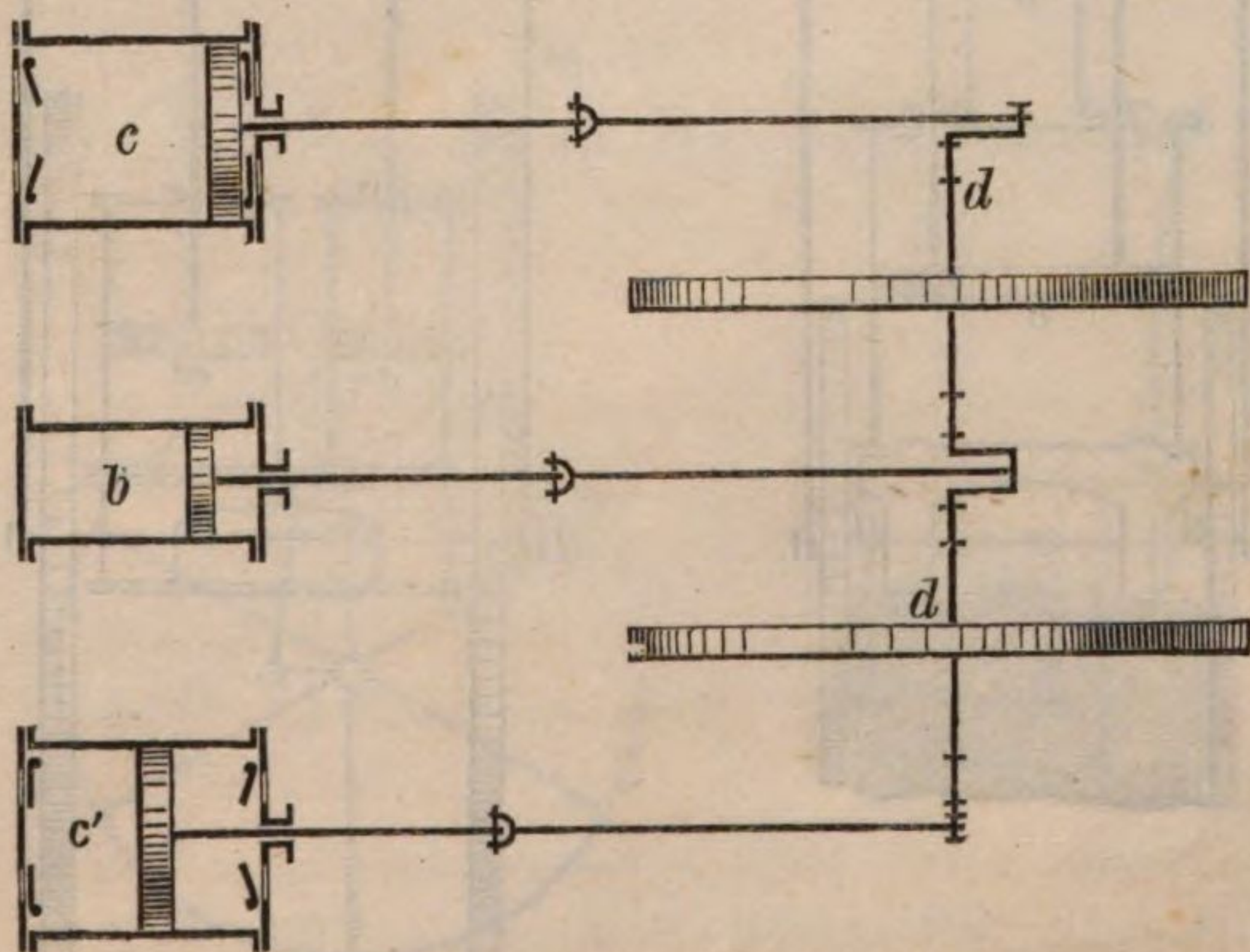


Fig. 36.



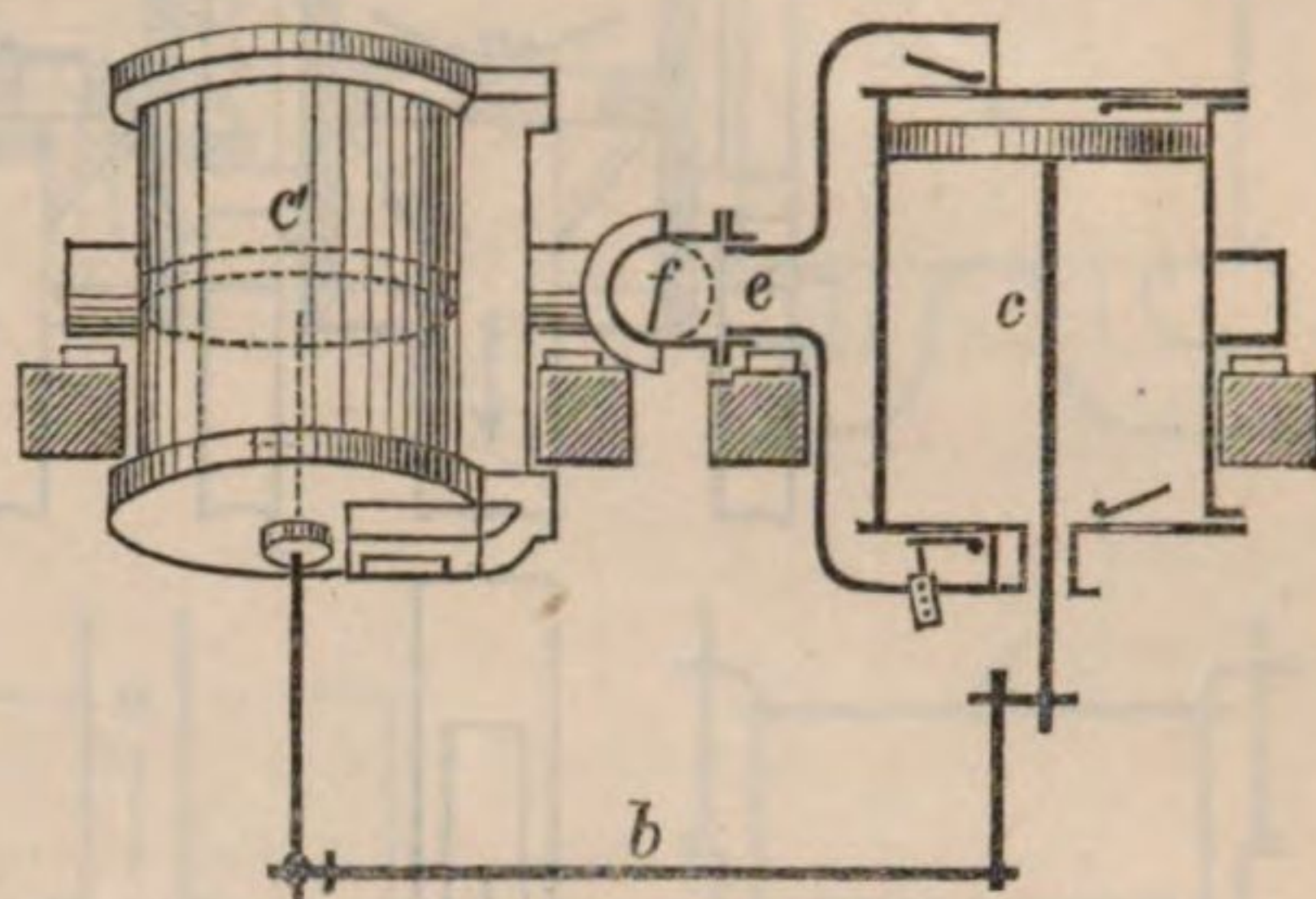
und Dampfzylinder (*b*, Fig. 35) in einer Axe und das Schwungrad (*d*) liegt vor dem Dampfzylinder, oder 2) alle Cylinder (*b c c'*, Fig. 36) neben einander, vor der Schwungradwelle (*d d*).

Die zweite Anordnung steht besonders in Anwendung, wenn ein Dampfzylinder mit mehreren Gebläsezylindern verbunden

ist. Sie nimmt grössere Breite, dagegen geringere Länge als die erste Anordnung in Anspruch.

Oscillirende Gebläse (Fig. 37) haben meist Wasserräder zu Motoren, wird Dampfkraft angewendet, so sind die an derselben Kurbelwelle angreifenden Dampfzylinder ebenfalls oscillirend.

Fig. 37.



Der Wind geht durch eine Axe des Gebläsecylinders zur Leitung, wie der rechte im Durchschnitt gezeichnete Cylinder der Fig. 37 zeigt.

Oscillirende Gebläse bedürfen den geringsten Raum, stehende Gebläse mit Balancier und liegende Gebläse haben die größte horizontale, stehende Gebläse mit übereinander gelegenen Cylindern die größte vertikale und geringste horizontale, liegende Gebläse die geringste vertikale Ausdehnung. Je geringer die horizontale Ausdehnung ist, um so stärker müssen die Fundamente und Träger der Gebläsemaschine sein. Oscillirende Gebläse unterliegen der stärksten Abnutzung, stehende Gebläse sind am dauerhaftesten herzustellen, liegende Gebläse nutzen sich ungleichförmig aus und hiergegen helfen selbst dicke und hohle Kolbenstangen, leichte Kolben, Führungen (f, f', f'' Fig. 35 auf Seite 70) und stellbare Lager nicht ausreichend. Die Aufsicht und Wartung ist am leichtesten bei liegenden Gebläsen, es folgen die stehenden Balanciergebläse, dann die oscillirenden Gebläse, zuletzt die stehenden Gebläse mit über einander gelegenen Cylindern.

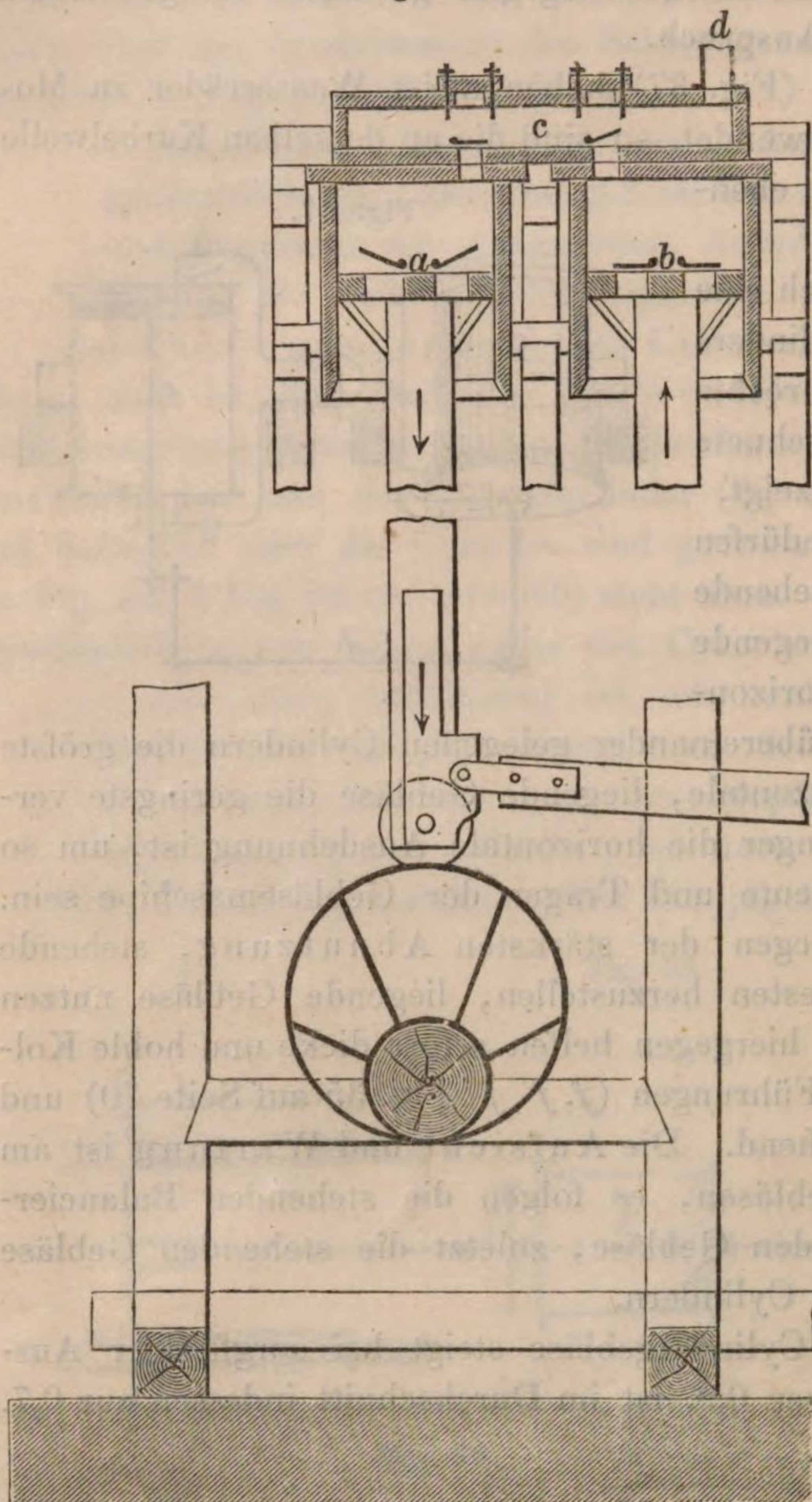
Der Wirkungsgrad der Cylindergebläse steigt bei sorgfältiger Ausführung und Unterhaltung über 0,9, ist im Durchschnitt indessen nur 0,7.

2. Kasten-gebläse.

Das Kasten-gebläse besteht aus einem parallelepipedischen Holzkasten von 1—2 Meter Seitenlänge, in dem sich ein hölzerner Kolben mit gleicher Hubhöhe bewegt. Als Motor dient stets ein Wasserrad, von dem aus die Bewegungsübertragung durch Balancier (indirekt) oder durch Wellfüsse (direkt) erfolgt. Die Kasten-gebläse sind fast ausnahmslos einfach wirkend.

In Fig. 38 auf Seite 72 ist ein einfach wirkendes, zweikastiges Gebläse dargestellt. Die Saugventile liegen an den Kolben (a und b); der Wind tritt durch die Druckventile (c) in die Leitung (d). Die Wasserradwelle (f), welche in rechtwinklig stehendem Durchschnitte zu den Kästen gezeichnet ist, trägt die Wellfüsse, auf

Fig. 38.



denen die mit Röllchen versehenen Kolbenstangen durch eigenes Gewicht aufliegen.

Die Liderung des Kolbens geschieht durch federnde Holzleisten, Lederstulpen oder Roßhaarwülste. Die Saug-Ventile liegen am Kolben und erhalten $\frac{1}{15} - \frac{1}{12}$ des Kastenquerschnittes. Der Kolben erhält eine Geschwindigkeit von 0,16—1 Meter per Minute.

Der Wirkungsgrad der Kasten-gebläse kann durchschnittlich zu 0,5 angenommen werden.

Regulatoren.

Der Wind wird von jedem Kolbengebläse in Absätzen und mit wechselnder Pressung geliefert. Mehrere mit einander wirkende Gebläse-cylinder, deren Kolben zu verschiedenen Zeiten ihren Weg vollenden, befördern zwar die Gleichmäßigkeit

des Windstromes, stellen sie aber nicht hinreichend her. Man muß sich daher in allen Fällen der Regulatoren bedienen, falls dieselben nicht durch hinreichend weite und lange Windleitungen ersetzt werden.

Es giebt Regulatoren mit veränderlichem und solche mit unveränderlichem Inhalte; die ersteren sind nur brauchbar für kleine Windmengen.

Die Regulatoren mit veränderlichem Inhalte werden theils nach Art der Blasebälge, ohne Liderung (Balgregulatoren, Fig. 39 auf Seite 73), theils nach Art der Kolbengebläse, mit trockner Liderung (Kolbenregulatoren, Fig. 40 auf Seite 73) hergestellt, theils bestehen sie in feststehenden (Fig. 41 auf Seite 73), oder beweglichen Glocken (Fig. 42 auf Seite 73), welche in Wasser tauchen.

a bedeutet bei allen hierher gehörigen Figuren den Wind-Eintritt, *b* den Regulierungsraum, *c* den Austritt; *d* ist in Fig. 39 die Lederwandung, in Fig. 40 der Kolben, in Fig. 41 die feststehende, in Fig. 42 die bewegliche Glocke.

Alle diese Regulatoren verlangen einen das Volumen des Gebläsecylinders

um das 4 — 20 fache übertreffenden Regulierungsraum und finden nur Anwendung für Kasten- und kleinere Cylinder-Gebläse.

Für größere Windmengen werden aus Blech zusammengenietete kugel- (Fig. 43), oder kesselförmige Regulatoren (Fig. 44) mit unver-

Fig. 39.

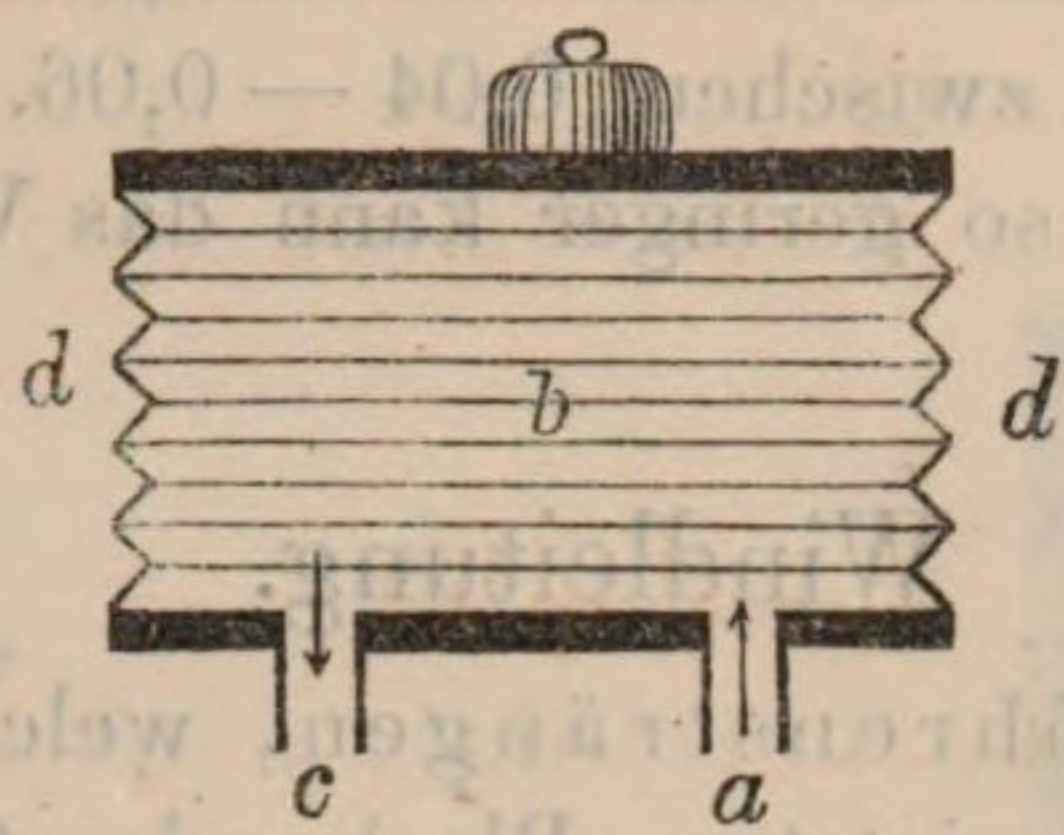


Fig. 40.

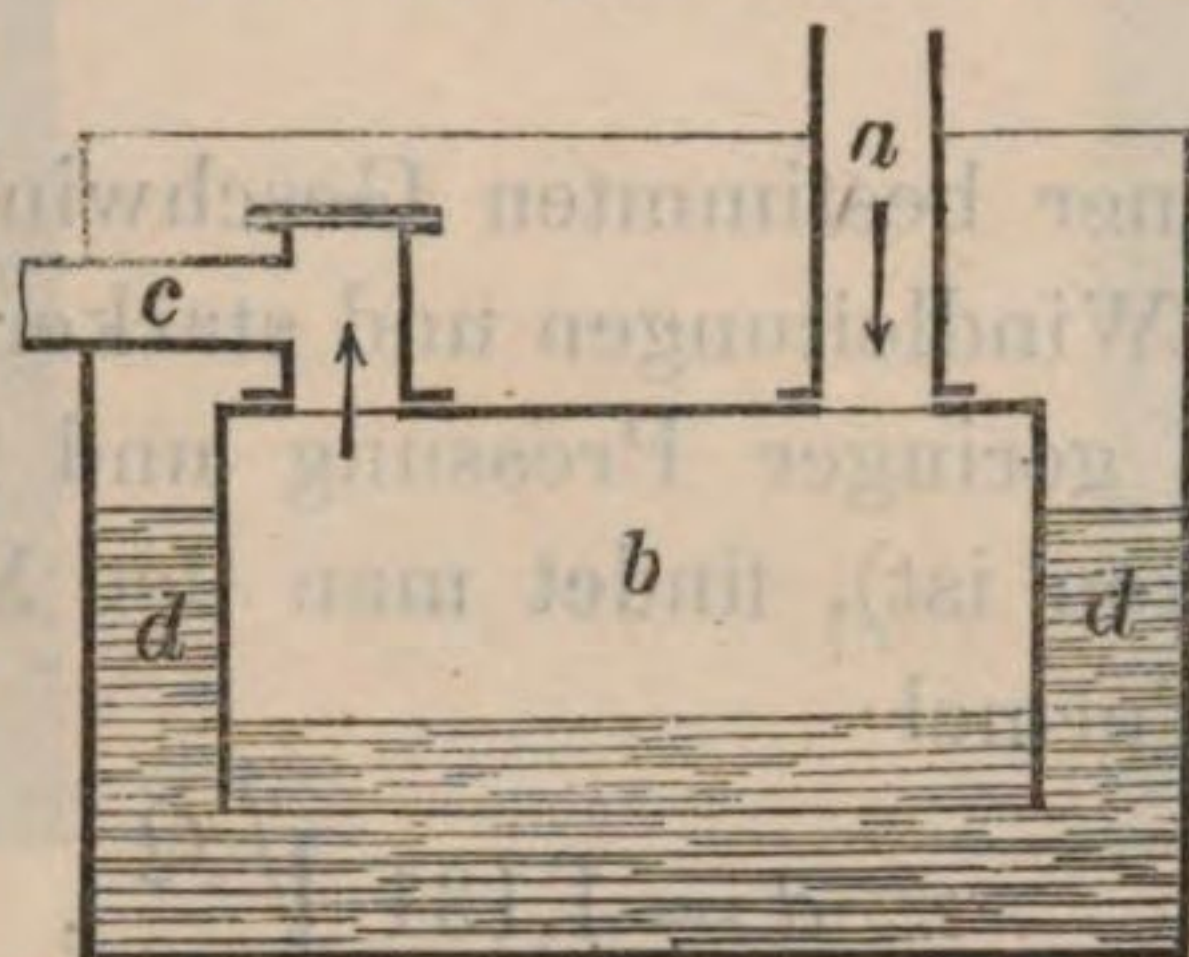
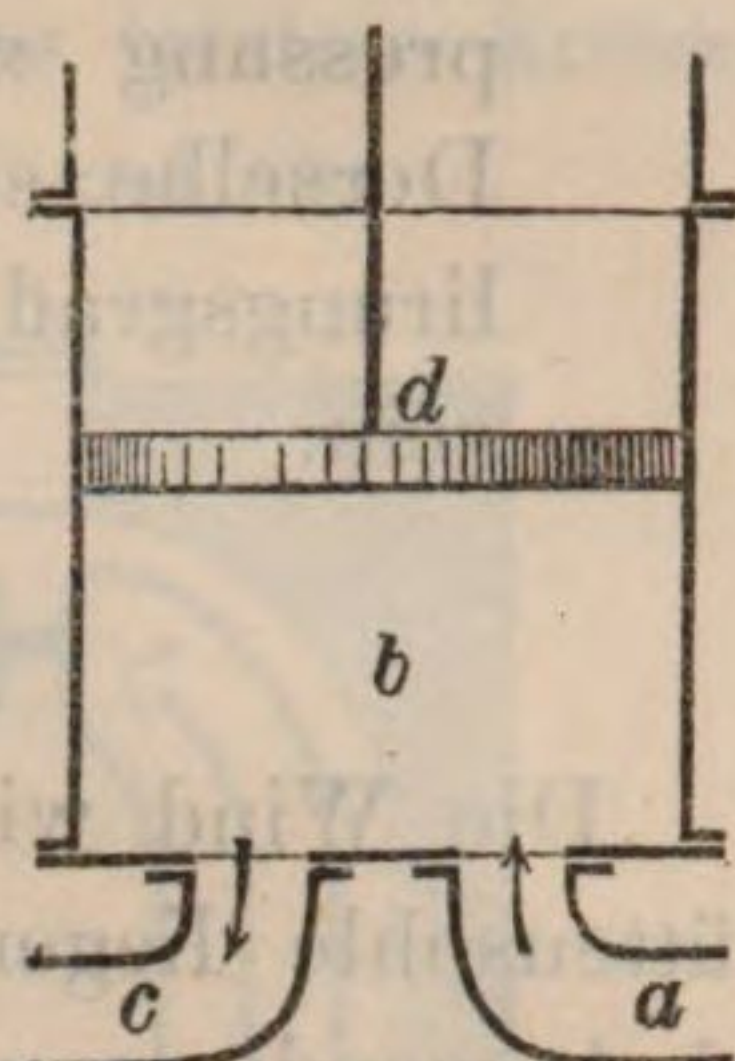


Fig. 41.

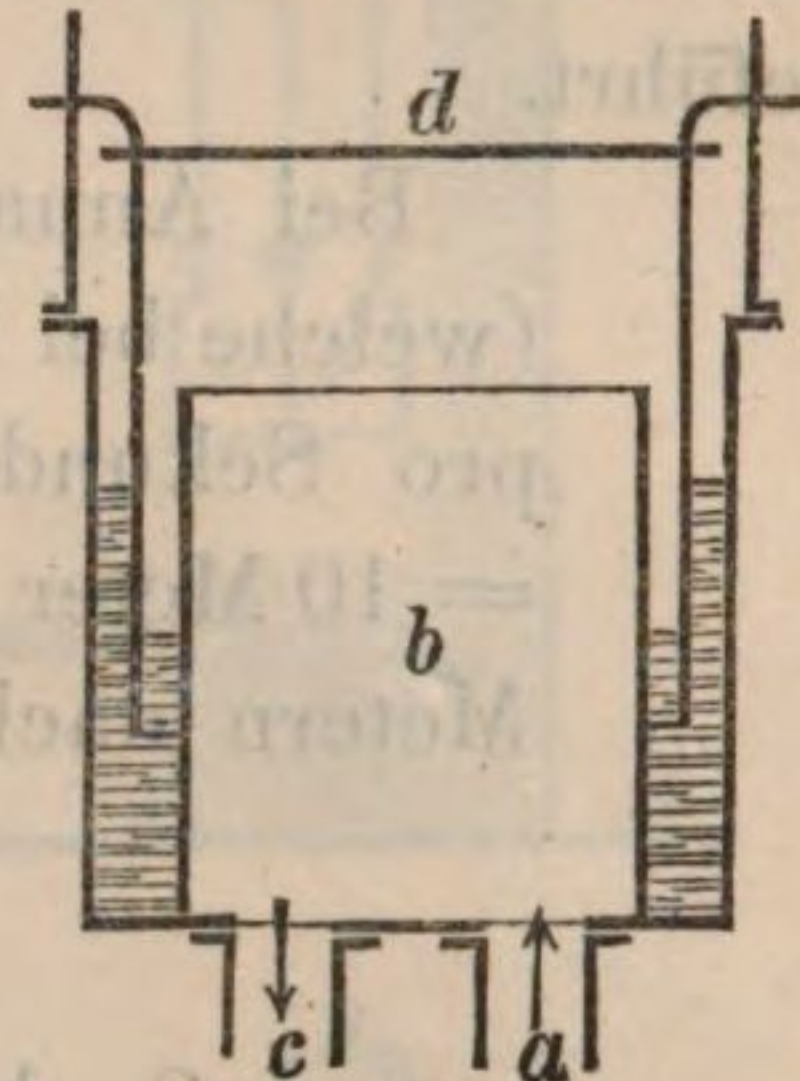


Fig. 42.

Fig. 43.

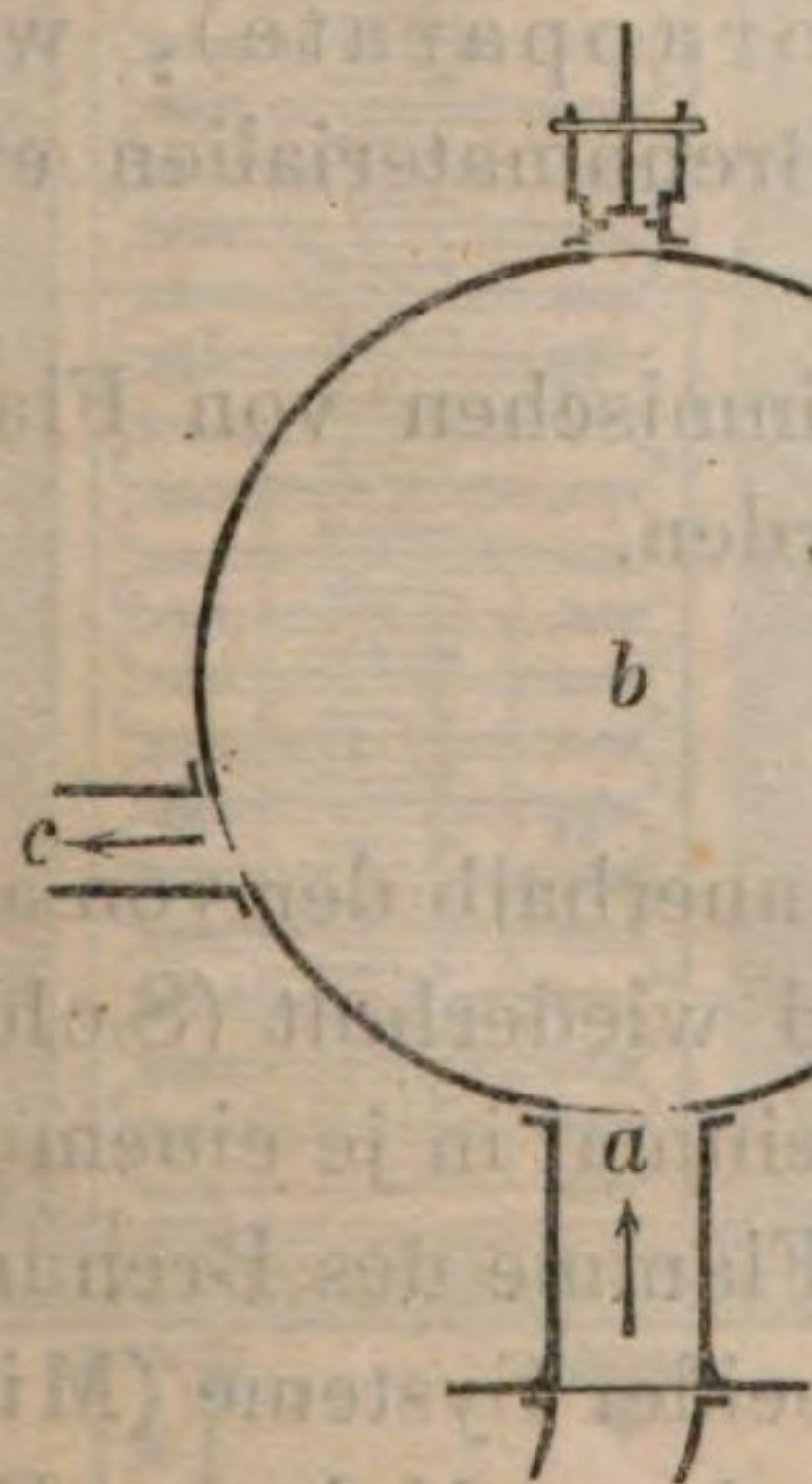
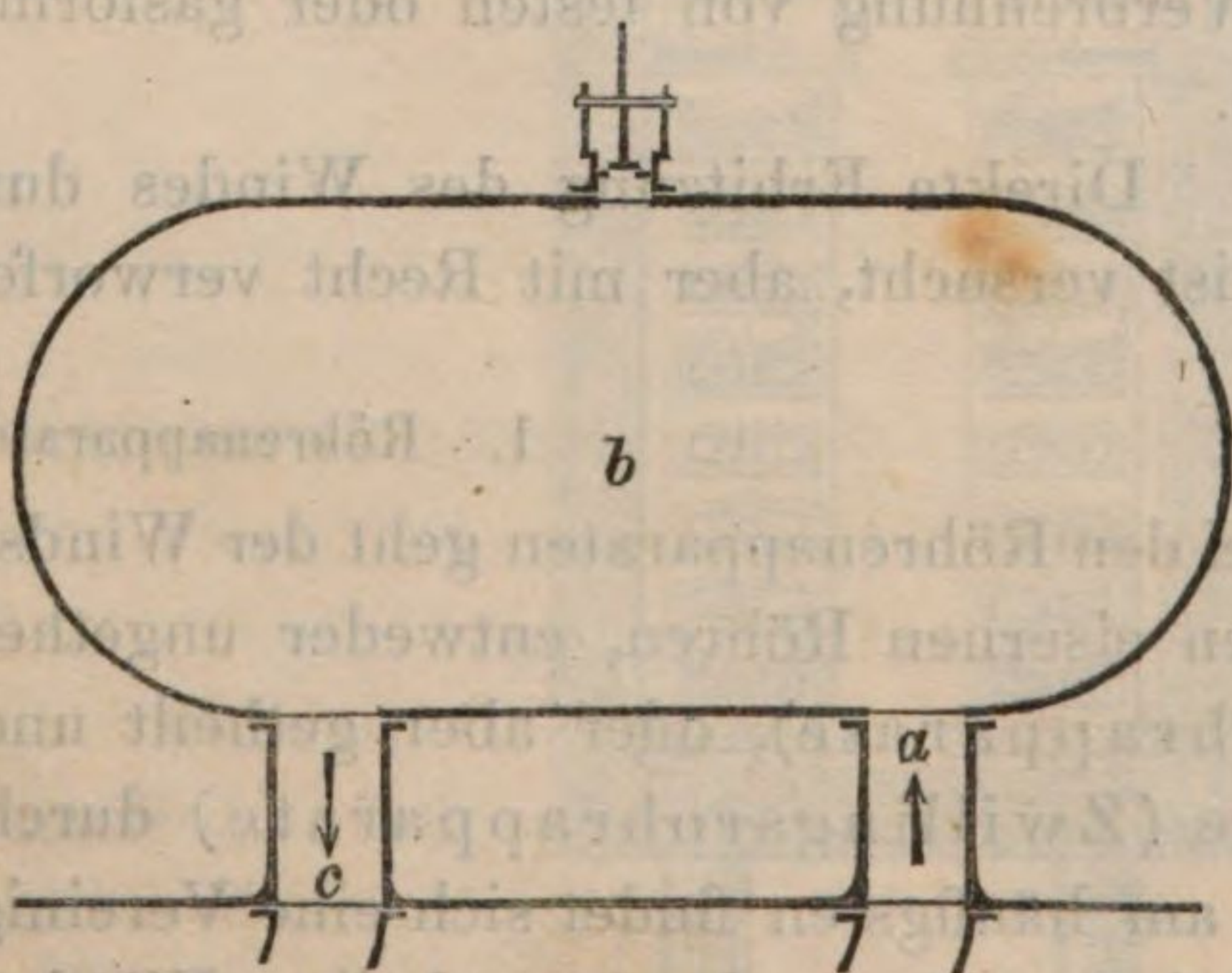


Fig. 44.



änderlichem Inhalte konstruiert, welche mindestens das 60fache Volumen des pro Sekunde hineingesendeten Windquantums fassen sollen.

Man nennt das Verhältniß der größten Veränderung der Wind-
 pressung zum mittleren Manometerstande den Regulierungsgrad.
 Derselbe schwankt zwischen 0,04 — 0,06. Je kleiner der Regu-
 lierungsgrad ist, um so geringer kann das Volumen des Regulators
 sein.

Windleitung.

Die Wind wird in Röhrensträngen, welche am besten über der
 Hüttensohle liegen, aus genietetem Blech oder Gufseisen bestehen und
 bei Anwendung von Regulatoren einen Durchmesser von 1 Meter, ohne
 dieselben von 2 Meter haben sollen, zu den Winderhitzungsapparaten
 geführt.

Bei Annahme einer bestimmten Geschwindigkeit des Windes v ,
 (welche bei kurzen Windleitungen und starker Pressung = 20 Meter
 pro Sekunde, bei geringer Pressung und langen Windleitungen
 = 10 Meter zu setzen ist), findet man den Minimaldurchmesser in
 Metern nach der Formel

$$d = 1,131 \sqrt{\frac{Q}{v}},$$

wenn Q das vom Gebläse gelieferte Windquantum in Cubik-
 metern ist.

Winderhitzung.

Der Wind wird in den meisten Fällen erhitzt, um die Temperatur
 im Ofen zu steigern (vergl. Seite 55). Dies geschieht in den Wind-
 erhitzungsapparaten. Dieselben gründen sich auf die Uebertragung
 der Wärme an den Wind durch Vermittelung eiserner Röhren (Röhren-
 apparate) oder feuerfester Steine (Regeneratorapparate), welche
 durch Verbrennung von festen oder gasförmigen Brennmaterialien erhitzt
 werden.

Direkte Erhitzung des Windes durch Einmischen von Flamme
 ist versucht, aber mit Recht verworfen worden.

1. Röhrenapparate.

Bei den Röhrenapparaten geht der Windstrom innerhalb der von außen
 erhitzten eisernen Röhren, entweder ungetheilt und wiederholt (Schlan-
 genrohrapparate), oder aber getheilt und nur einmal in je einem Dop-
 pelrohre (Zwillingsrohrapparate) durch die Flamme des Brennmate-
 riales; am häufigsten findet sich eine Vereinigung beider Systeme (Misch-
 system) in sofern, als ein getheilter Windstrom mehrere Male den Feuer-
 raum durchläuft.

Die Röhren haben entweder eine vertikale oder eine horizontale
 Lage; im ersten Falle stehen oder hängen sie.

Bei den Apparaten mit stehenden Zwillingsröhren sind entweder die beiden Schenkel jedes Rohres getrennt und das letztere kreuzt

Fig. 45 und 46.

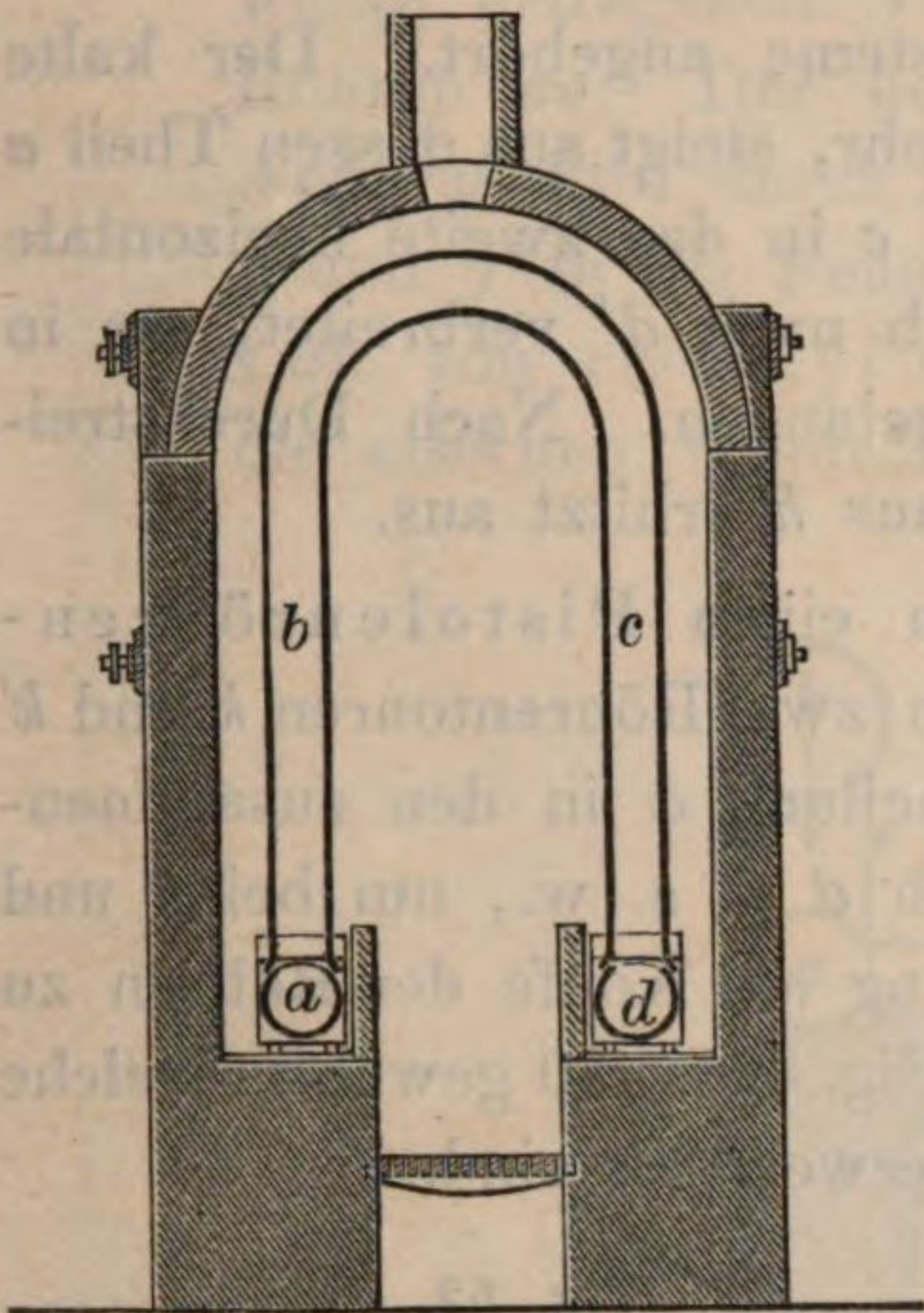
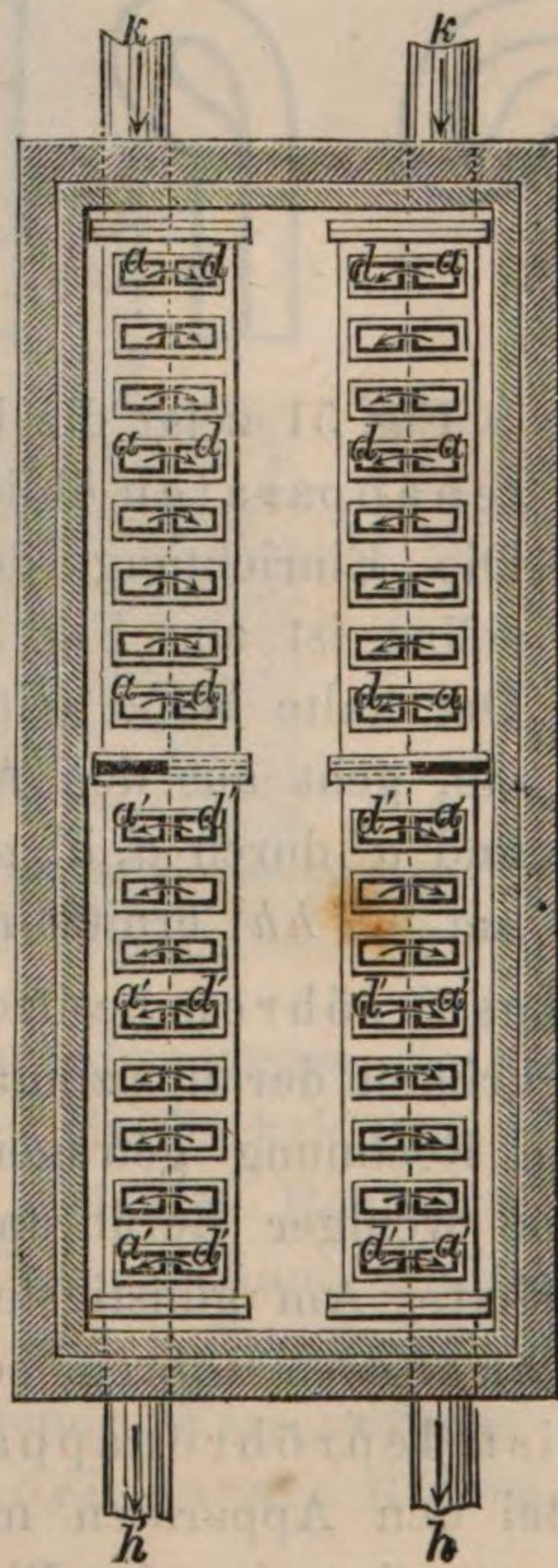
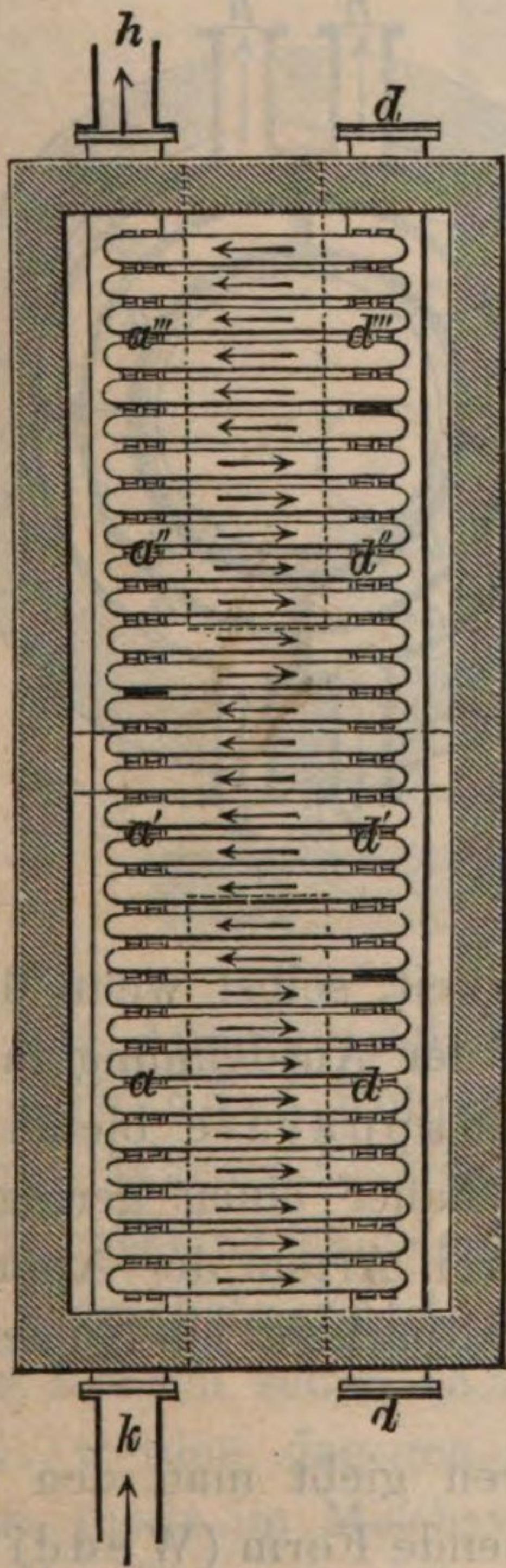
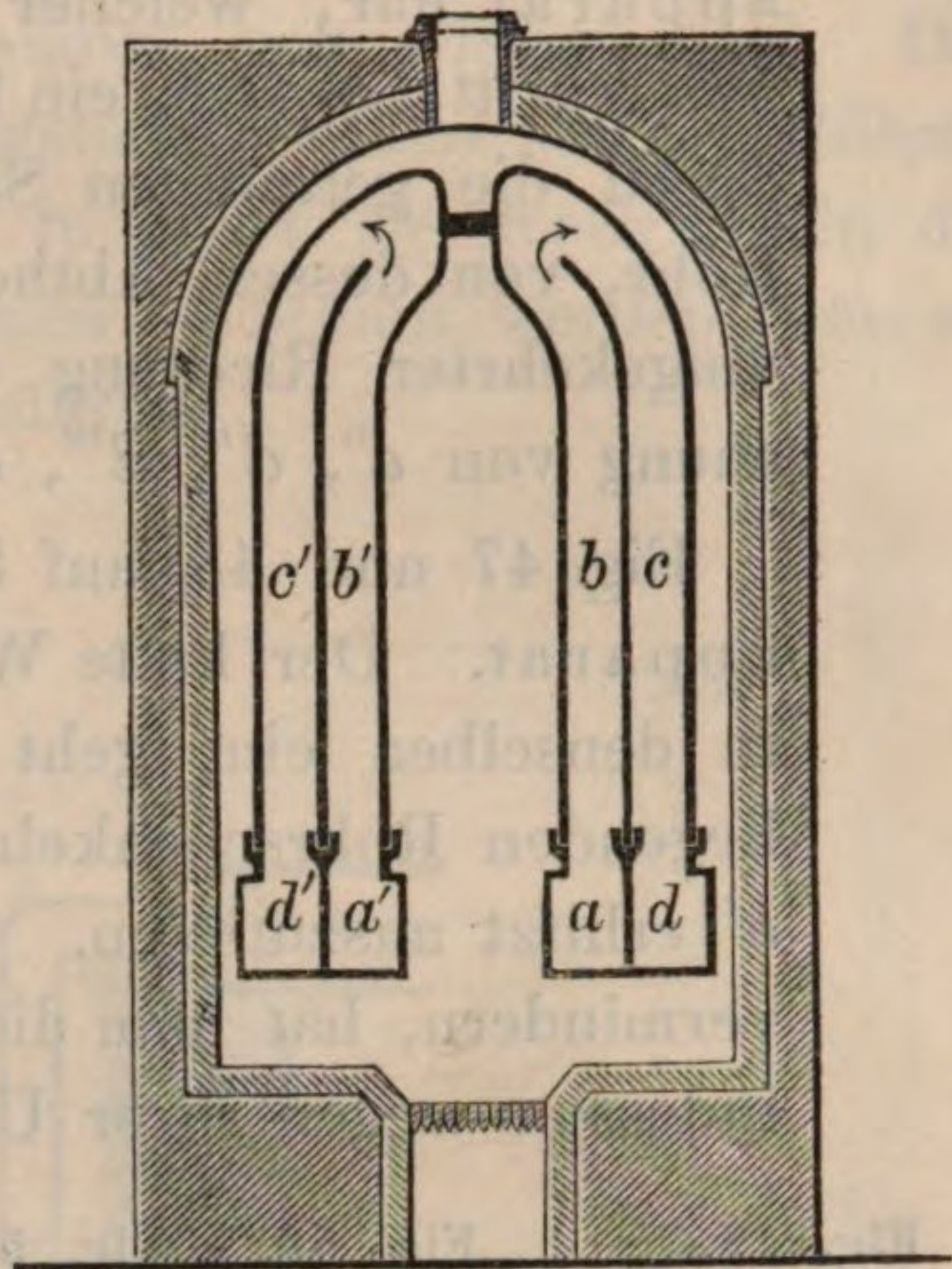


Fig. 47 und 48.



den Feuerraum (Hosenröhren oder Calder'sche Apparate) oder steht ihm zur Seite (Fufskastenapparate), oder aber die beiden Rohr-

schenkel haben eine gemeinschaftliche Wandung (Pistolenröhrenapparate) oder umgeben sich ringförmig (Ringröhrenapparate).

Fig. 45 und 46 auf Seite 75 stellen einen Hosenröhrenapparat dar, welcher dem Mischsysteme angehört. Der kalte Wind tritt bei k in ein horizontales Rohr, steigt aus dessen Theil a durch die getrennten Schenkel b und c in das zweite horizontale Rohr, von dessen Abtheilung d er sich nach d' verbreitet, um in umgekehrter Richtung nach a' zu gelangen. Nach Durchstreichung von a'' , d'' , d''' , a''' strömt er aus h erhitzt aus.

Fig. 47 und 48 auf Seite 75 zeigen einen Pistolenröhrenapparat. Der kalte Wind tritt durch zwei Röhrentouren k und k' in denselben ein, geht aus der Abtheilung a in den zusammenliegenden Rohrschenkeln b und c nach d u. s. w., um bei h und h' erhitzt auszutreten. Um die Reibung am Kopfe der Röhren zu vermindern, hat man die Formen der Fig. 49 u. 50 gewählt, welche indessen wegen ihrer Unhaltbarkeit verwerflich sind.

Fig. 49.

Fig. 50.

Fig. 51.

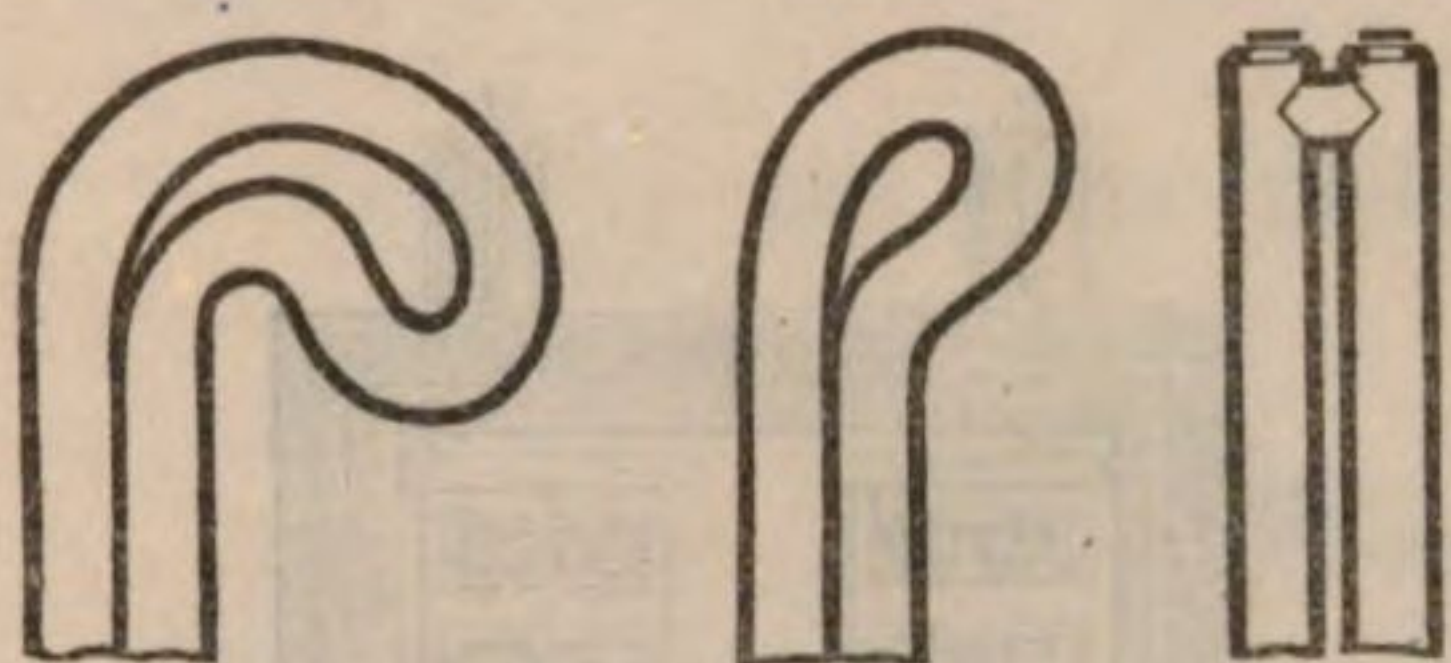
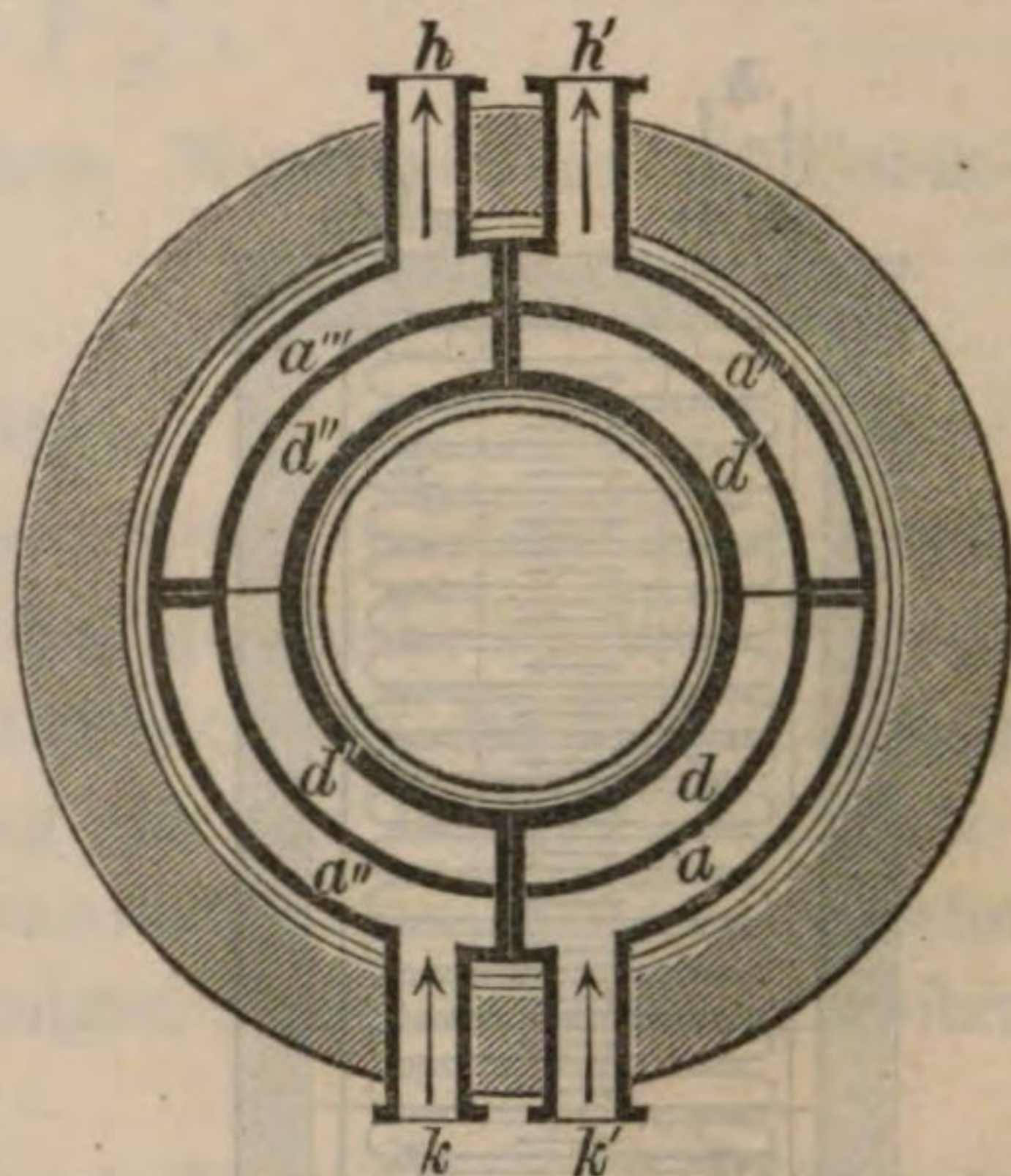


Fig. 51 zeigt die bei Fußkastenapparaten übliche Rohrform. Die Einrichtung der Fußkasten selbst ist aus Fig. 52 ersichtlich. Der kalte Wind tritt bei k und k' ein, geht aus den Abtheilungen a und a'' durch d , d' , d'' nach a' , a''' , um bei $h h'$ erhitzt auszuströmen.

Fig. 52.

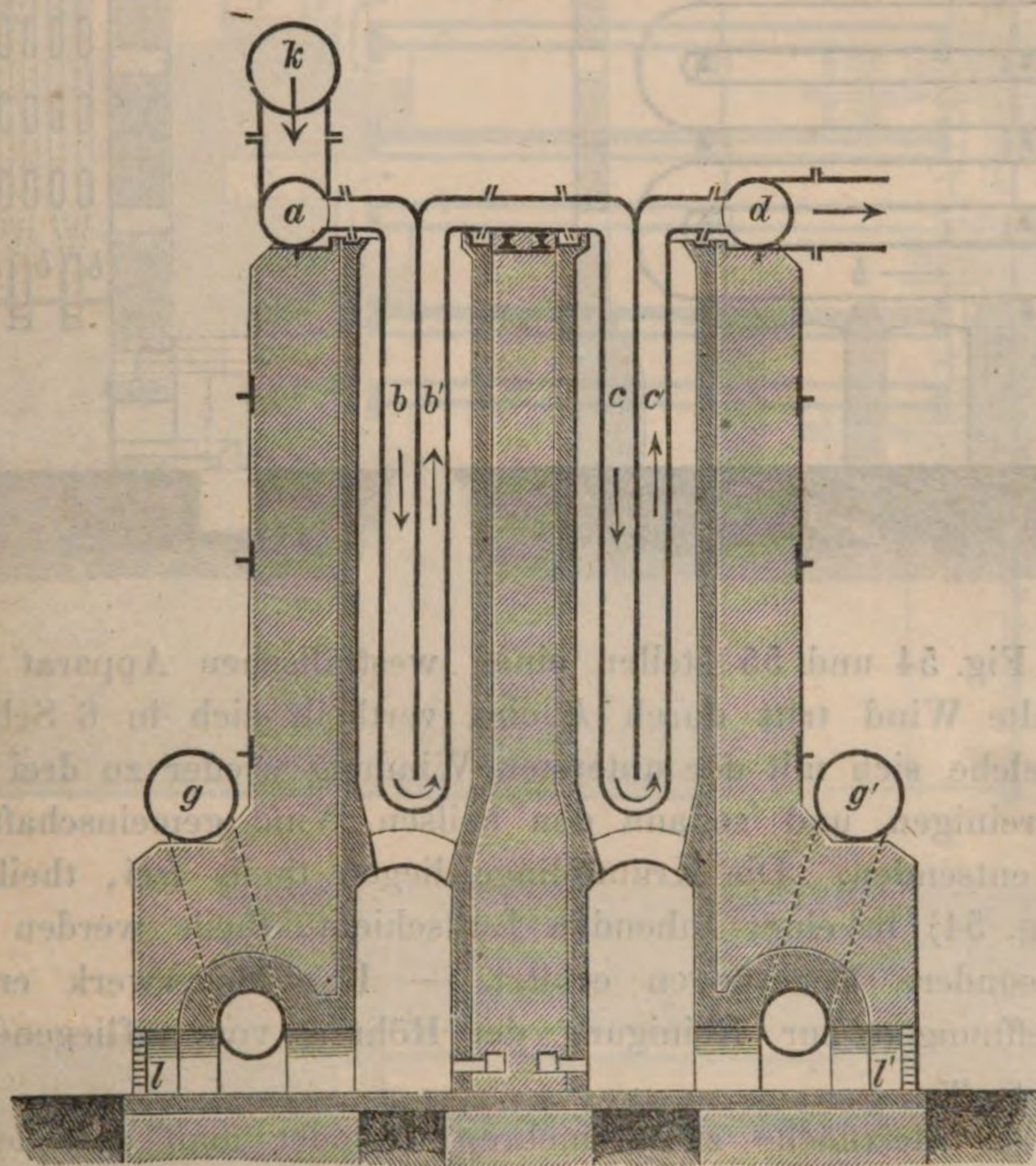


Hosenröhren besitzen nur geringe Haltbarkeit, selbst wenn durch Beweglichkeit der horizontalen Vertheilungsrohre der Ausdehnung in der Wärme Rechnung getragen wird. Fußkastenapparate bieten der Flamme weniger Berührungspunkte und haben daher einen geringeren Nutzeffekt. Am günstigsten wirken von den drei Arten der Apparate mit stehenden Röhren, sowohl in Bezug auf Haltbarkeit, als Nutzeffekt die Pistolenröhrenapparate.

Bei den Apparaten mit hängenden Röhren giebt man den letzteren entweder eine den Pistolenröhren entsprechende Form (Wedding'sche Apparate) oder gestaltet sie nach Art der Hosenröhren (Levick'sche Apparate).

Fig. 53 stellt einen Apparat der ersteren Art dar: Der kalte Wind tritt durch k ein, vertheilt sich aus a in 16—20 neben einander hängende Röhren bb' und begiebt sich durch die vom Mauerwerke getragenen Verbindungsstücke in eine zweite Reihe von Röhren cc' . Der heiße Wind vereinigt sich wieder in d . Der Apparat wird durch Hochofengase geheizt, welche aus den Röhren g und g' in die Feuerräume treten, in denen sie durch Zutritt der Luft von außen (l und l') und innen verbrannt werden, ehe sie die eisernen Windröhren selbst berühren.

Fig. 53.



Die Apparate mit hängenden Röhren haben gegen die Apparate mit stehenden Röhren den Vorzug größerer Haltbarkeit und vollständigerer Wärmeausnutzung, sowie besonders leichterer Reparatur durch Auswechselung einzelner Rohre ohne längere Unterbrechung des Betriebes.

Eigentliche Schlangenrohrapparate sind bei Anwendung vertikaler Röhren selten (Korkzieherapparate, stehende Wasseralfinger Apparate), werden dagegen der Regel nach für horizontale Röhren theils allein, theils im Mischsystem benutzt.

Der Wasseralfinger Apparat führt den Wind durch ein den Feuer- raum in mehrfachen, neben- und übereinander liegenden Windungen

kreuzendes Schlangenrohr. Der Westfälische Apparat dagegen vertheilt den Wind in mehrere neben einander liegende Schlangenrohre.

Fig. 54.

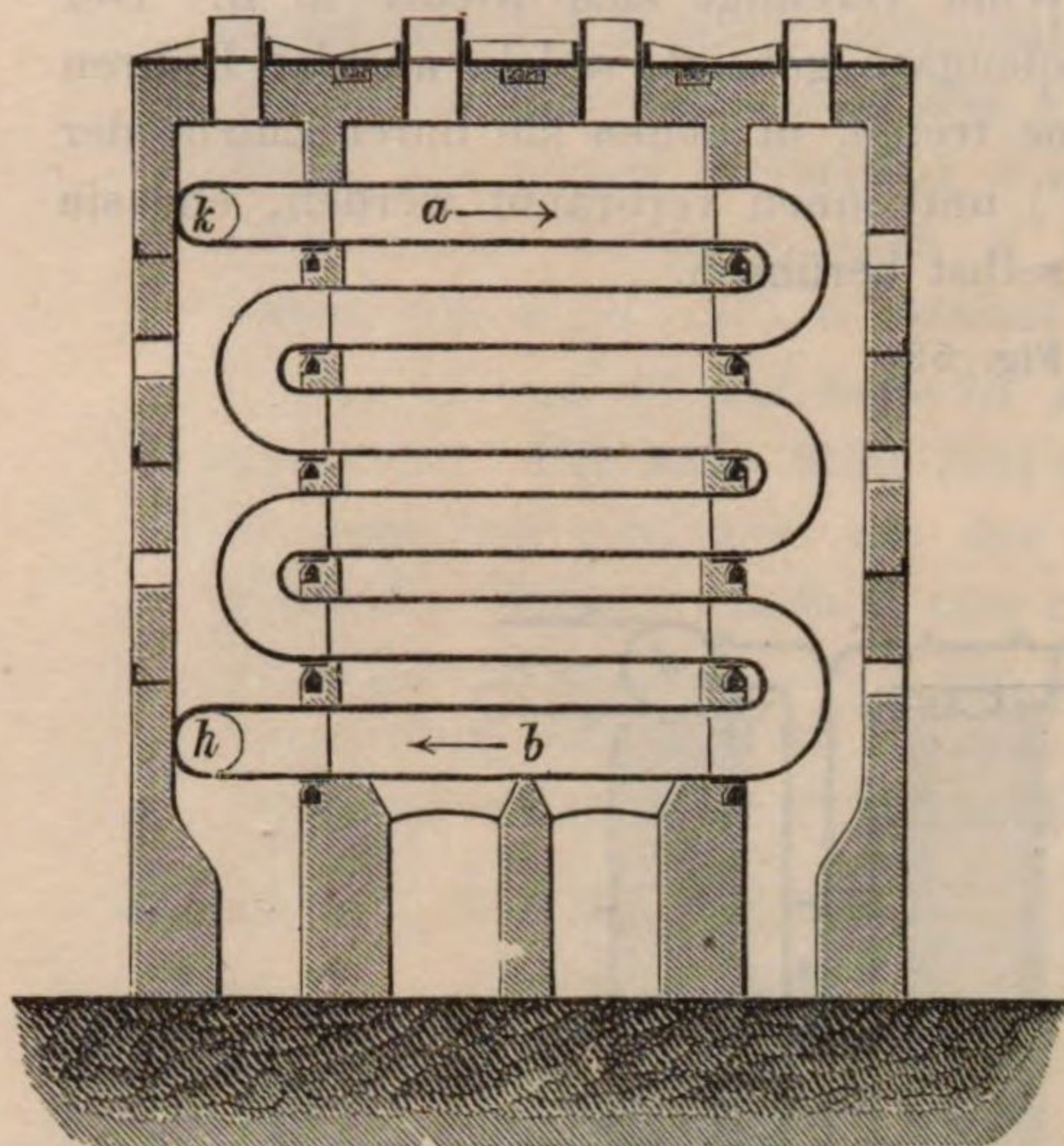


Fig. 55.

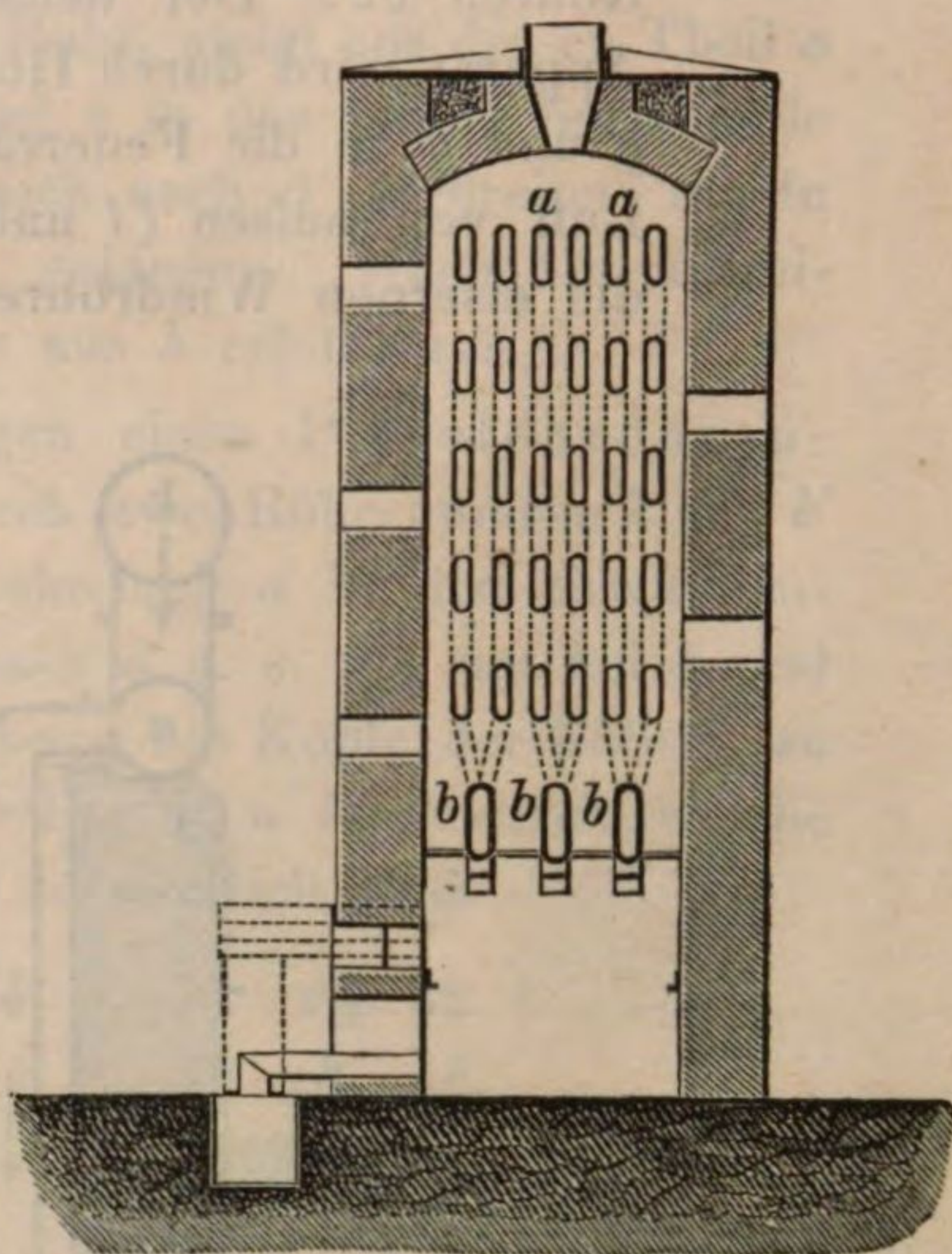
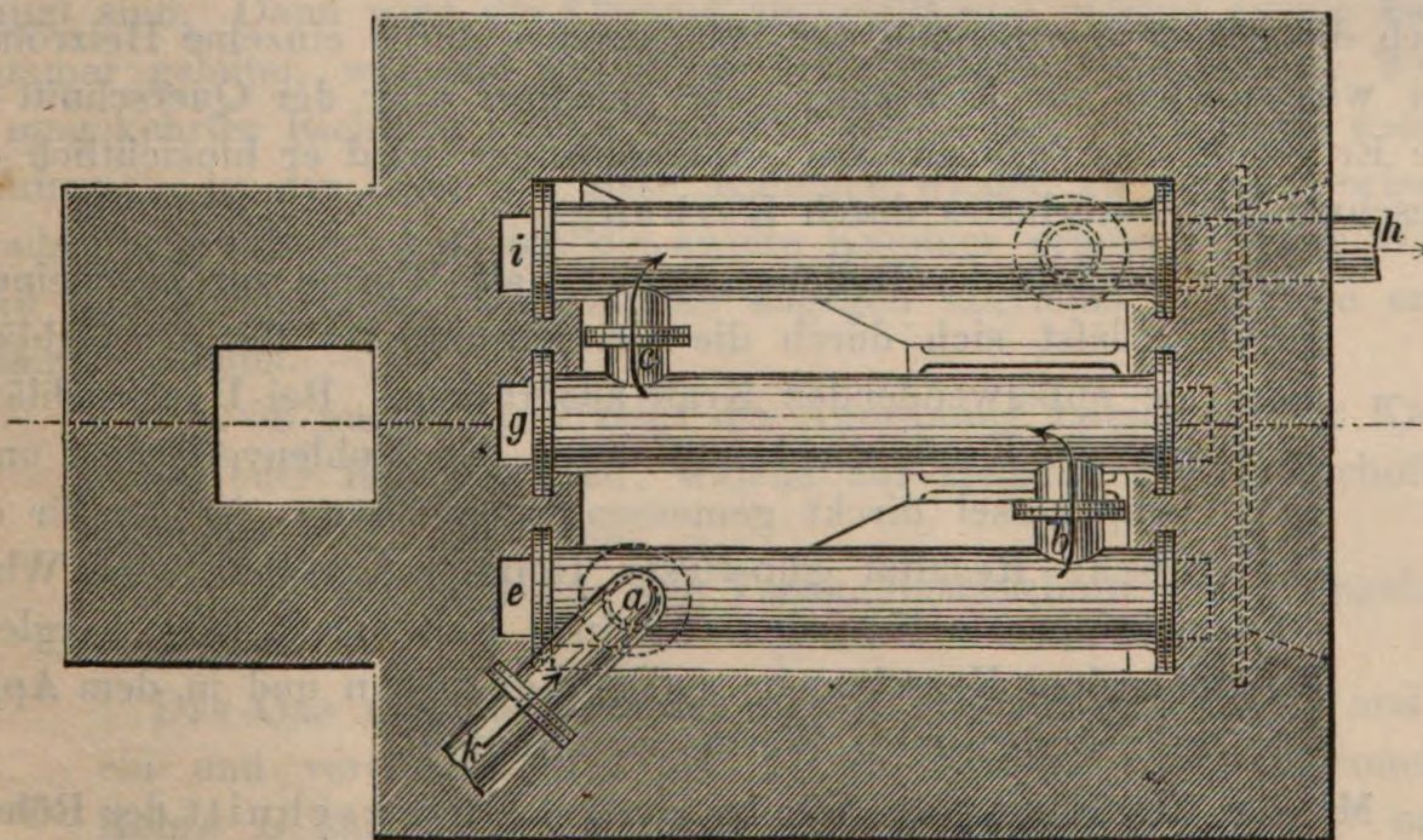
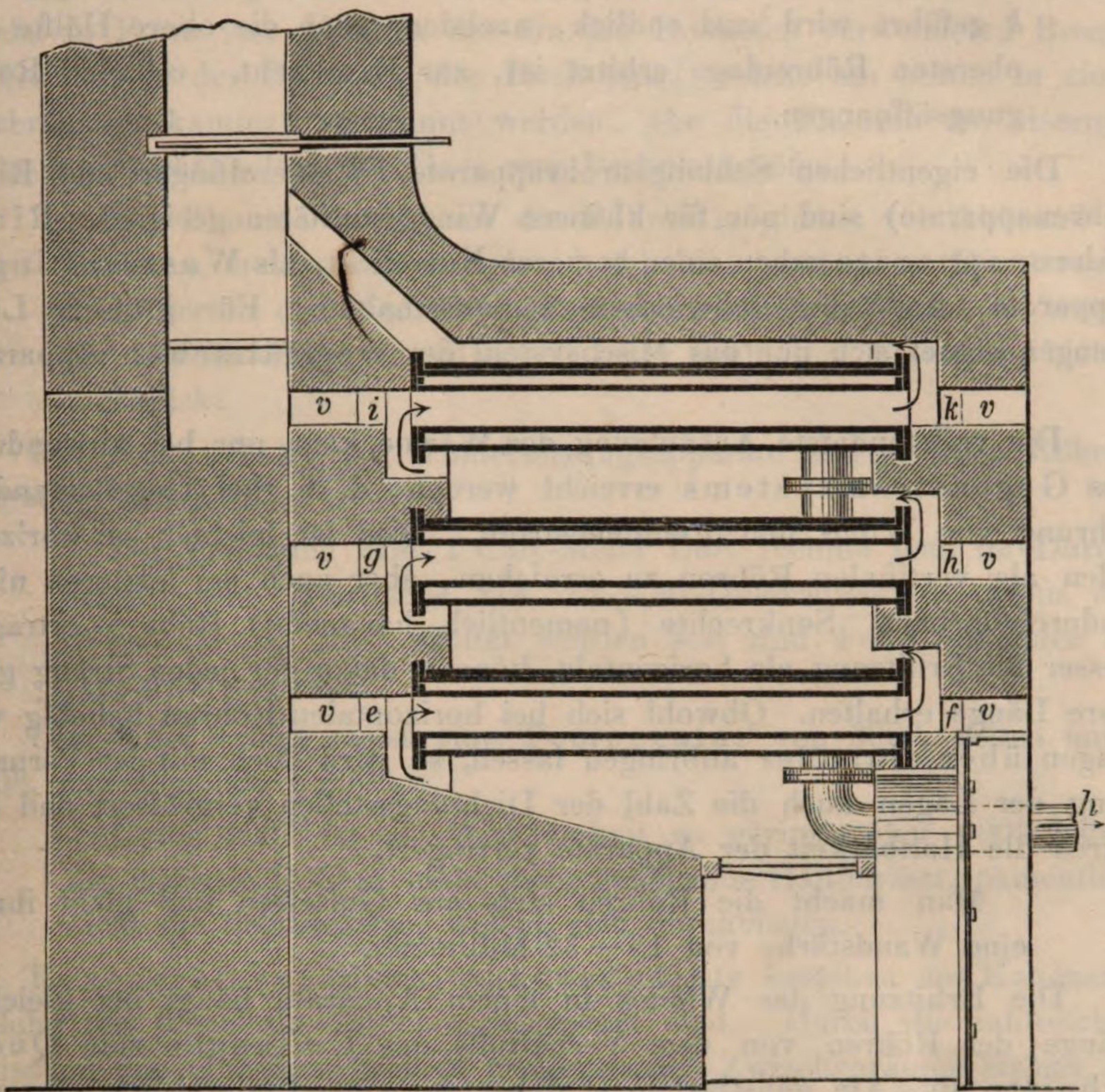


Fig. 54 und 55 stellen einen westfälischen Apparat dar. Der kalte Wind tritt durch *k* ein, vertheilt sich in 6 Schlangen *a*, welche sich mit der untersten Windung wieder zu drei Röhren *b* vereinigen und sodann den heißen Wind gemeinschaftlich nach *h* entsenden. Die Krümmlinge liegen theils frei, theils (wie in Fig. 54) in einer ruhenden Luftschicht, theils werden sie durch besondere Feuerungen erhitzt. — Das Mauerwerk erhält stets Oeffnungen zur Reinigung der Röhren von aufliegender Asche u. s. w.

Um die Heizfläche zu vermehren, wendet man zuweilen Ringröhren an, welche übrigens ebensowohl vertikale wie horizontale Lage haben können. Die Flamme durchzieht dann das innere Rohr und umspült das äußere, während der Wind zwischen beiden entlang streicht.

In Fig. 56 und 57 auf Seite 79 ist ein Ringröhrenapparat dargestellt, und zwar in Fig. 56 im Vertikalschnitt, in Fig. 57 im Grundriss. Der kalte Wind tritt bei *k* (Fig. 57) ein, geht durch einen Stutzen *a* in den ringförmigen Raum, welcher sich zwischen den beiden Wandungen jedes der horizontalen eisernen Rohre befindet, und durchläuft in neunfacher Windung das ganze System, während die Flamme zuerst die drei untersten Röhren bespült, bei *e* in das Innere derselben tritt, bei *f* in den Zwischenraum

Fig. 56 und 57.



zwischen unterster und mittlerer Röhrenlage gelangt, die mittleren Röhren von *g* nach *h* durchzieht, sodann zwischen mittlerer und

oberster Röhrenlage entlang streift, durch die letztere von *i* nach *k* geführt wird und endlich, nachdem noch die obere Hälfte der obersten Röhrenlage erhitzt ist, zur Esse geht. *vv* sind Reinigungsöffnungen.

Die eigentlichen Schlangenrohrapparate (Wasseralfinger und Ringröhrenapparate) sind nur für kleinere Windquantitäten geeignet. Ringröhrenapparate geben einen besseren Nutzeffekt, als Wasseralfinger Apparate, sind aber schwieriger zu unterhalten. Für grössere Luftmengen eignet sich nur das Mischsystem der westfälischen Apparate.

Die vollständigste Ausnutzung der Wärme kann nur bei Anwendung des Gegenstromsystems erreicht werden, d. h. bei Gegeneinanderführung von Wind- und Flammenstrom. Dies ist leichter bei horizontalen als vertikalen Röhren zu erreichen, aber auch bei letzteren nicht undurchführbar. Senkrechte (namentlich hängende) Röhren ertragen besser die Erhitzung als horizontale, können daher für jeden Strang grössere Länge erhalten. Obwohl sich bei horizontalen Röhren beliebig viel Lagen über einander anbringen lassen, so wird doch mit der Vermehrung der Lagen auch die Zahl der Dichtungsstellen vergrößert und dadurch die Haltbarkeit der Apparate verringert.

Man macht die Röhren stets aus Gussseisen und giebt ihnen eine Wandstärke von 13 — 32 Millimeter.

Die Erhitzung des Windes in einem Apparate hängt bei gleicher Länge der Röhren von dem Verhältniß des Umfanges zum Querschnitte ab. Am günstigsten ist daher der einer Linie sich annähernde Querschnitt (Ellipse, Ring), am ungünstigsten die Kreisform. Ebenso ist auch die grösste Vertheilung des Windstromes durch einzelne Heizröhren am wirksamsten zur Erhitzung. Je günstiger aber der Querschnitt für die Erhitzung des Windes, um so ungünstiger wird er hinsichtlich des Geschwindigkeitsverlustes durch Reibung.

Der Einfluß der Reibung, welche als Wärme zur Erscheinung gelangt, läßt sich durch die Vermehrung der für die Gebläsemaschine aufzuwendenden Kraft ausdrücken. Bei Dampfgebläsen z. B. wo die Kraftvermehrung durch den Kohlenverbrauch unter dem Dampfkessel direkt gemessen werden kann, ist der für das ökonomische Resultat günstigste Heizrohrquerschnitt im Winderhitzungsapparate für jeden einzelnen Fall durch einen Vergleich der unter dem Kessel mehr aufgewendeten und in dem Apparate mehr erzeugten Wärme zu ermitteln.

Mit der Erwärmung des Windes muß der Querschnitt der Röhren nach der Formel $1 + 0,00367 t$ wachsen, wenn *t* die Zunahme der Windtemperatur bedeutet.

Zur Erhitzung bedient man sich theils festen Brennmaterialies (meist in Form von Abfällen des für den Hochofen verwendeten Brennstoffes), theils der Gichtgase des Hochofens, welche am besten in einer Verbrennungskammer verbrannt werden, ehe die Flamme die eisernen Röhren erreicht, selten der Gase von Verkokungsöfen.

Die Flamme muß, um die Röhren möglichst vor Abbrand zu schützen, stets etwas reduzierend gehalten werden. — Die Anwendung der in den Hochofenschlacken enthaltenen Wärme ist wegen der schlechten Leitungsfähigkeit jener nach dem Erstarren, bisher mißglückt.

Der Nutzeffekt der Winderhitzungsapparate mit eisernen Röhren übersteigt selten 0,5.

Zur Erhitzung von 1 Cub.-Meter Luft rechnet man im Durchschnitt eine Heizfläche von 25—30 Quadratmetern, wenn der Wind auf ca. 300° erhitzt werden soll und 4—5 Sekunden im Apparate verweilt.

Der Wind erhält meist eine Temperatur von 300° , selten unter 100° , zuweilen $500—600^{\circ}$.

Unter 100° ist die Wirksamkeit zu gering, über 600° haben die eisernen Röhren nicht mehr genügende Haltbarkeit, namentlich nicht die horizontalen, welche sich durchbiegen.

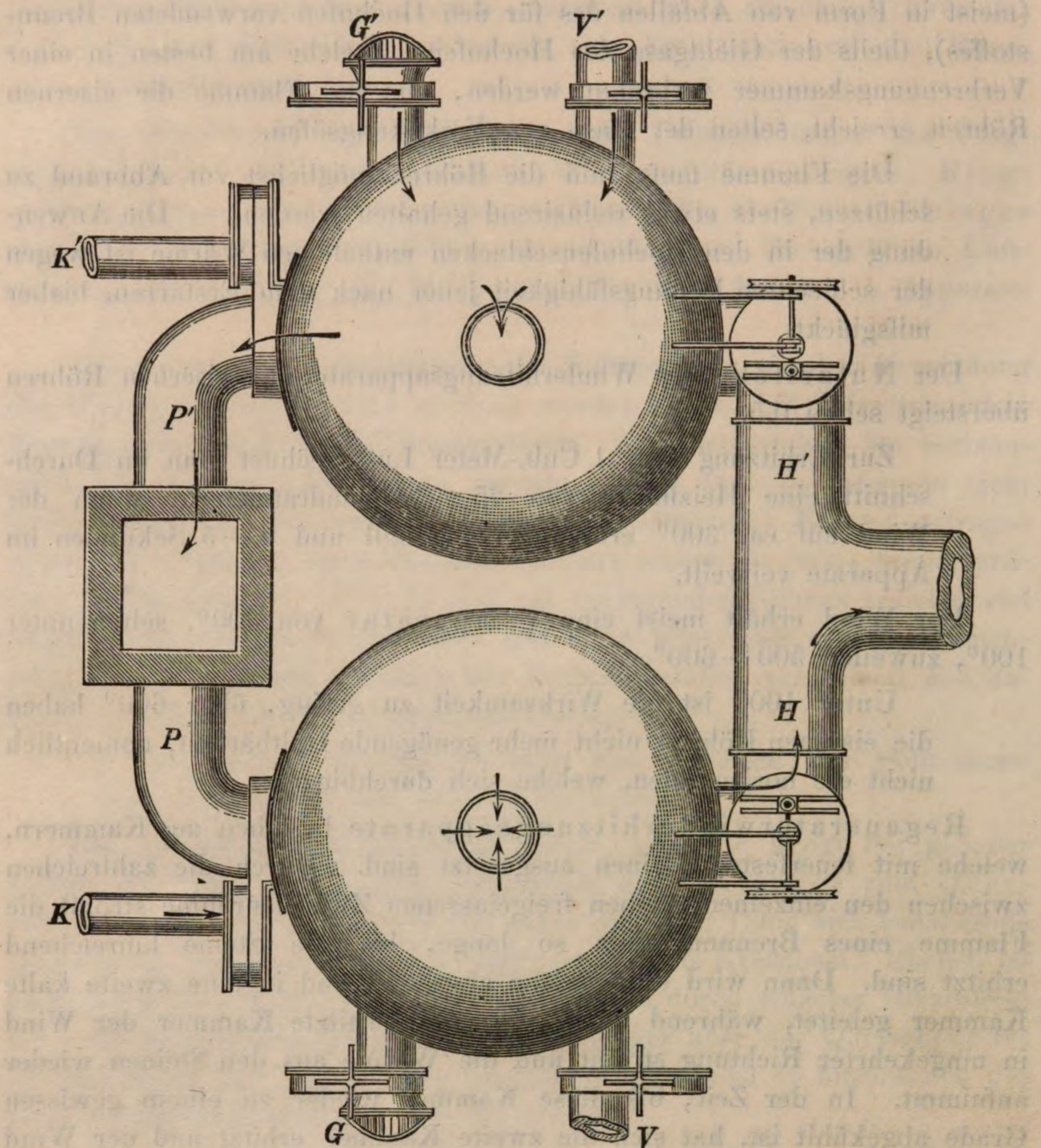
Regeneratorwinderhitzungsapparate bestehen aus Kammern, welche mit feuerfesten Steinen ausgesetzt sind. Durch die zahlreichen zwischen den einzelnen Steinen freigelassenen Zwischenräume strömt die Flamme eines Brennmaterials so lange, bis die Steine hinreichend erhitzt sind. Dann wird die Flamme abgestellt und in eine zweite kalte Kammer geleitet, während durch die erste erhitzte Kammer der Wind in umgekehrter Richtung strömt und die Wärme aus den Steinen wieder aufnimmt. In der Zeit, bis diese Kammer wieder zu einem gewissen Grade abgekühlt ist, hat sich die zweite Kammer erhitzt und der Wind wird nun durch diese, die Flamme dagegen abermals durch die erste Kammer geleitet.

Fig. 58 auf Seite 82 zeigt die Anordnung zweier solcher Kammern oder Regeneratoren, welche auf Heizung durch Hochofengichtgase eingerichtet sind.

Fig. 59 auf Seite 83 den Vertikaldurchschnitt einer einzelnen Kammer.

Das Gas und die Verbrennungsluft strömen hier bei *G* und *V* ein und vereinigen sich bei *A*; die Flamme steigt im inneren Rohre *B* auf und geht durch die ringförmige Kammer *C* nach unten, giebt ihre Wärme an die feuerfesten Steine daselbst ab und entweicht durch die Kanäle *pp* und das Rohr *P* zur Esse.

Fig. 58.



Zu gleicher Zeit tritt der kalte Wind bei K' in die zweite Kammer, durchströmt dieselbe von unten nach oben und geht erhitzt (wie die punktirten Pfeile in Fig. 59) an, im inneren Rohre B abwärts und durch H zum Hochofen.

Ist die erste Kammer erhitzt, die zweite abgekühlt, so wendet man die Ventile: Es strömen nun Gas und Verbrennungsluft durch G' und V' ein, und die Verbrennungsprodukte gehen durch P zur Esse, während der kalte Wind durch K eintretend, erhitzt aus H entweicht. — Vor dem erneuten Einlassen der Gase in eine Kammer, läßt man den Wind kurze Zeit durch beide Kammern strömen.

Der Betrieb solcher Regeneratorerhitzungsapparate erfordert eine theer- und aschenfreie Flamme, um die Oberfläche der feuerfesten Steine rein und ihre Wärmeabsorptionsfähigkeit hinreichend hoch zu erhalten.

Es sind daher gereinigte Hochofengichtgase am besten anzuwenden. —

Die bei Benutzung fester Brennstoffe erforderlichen winddichten

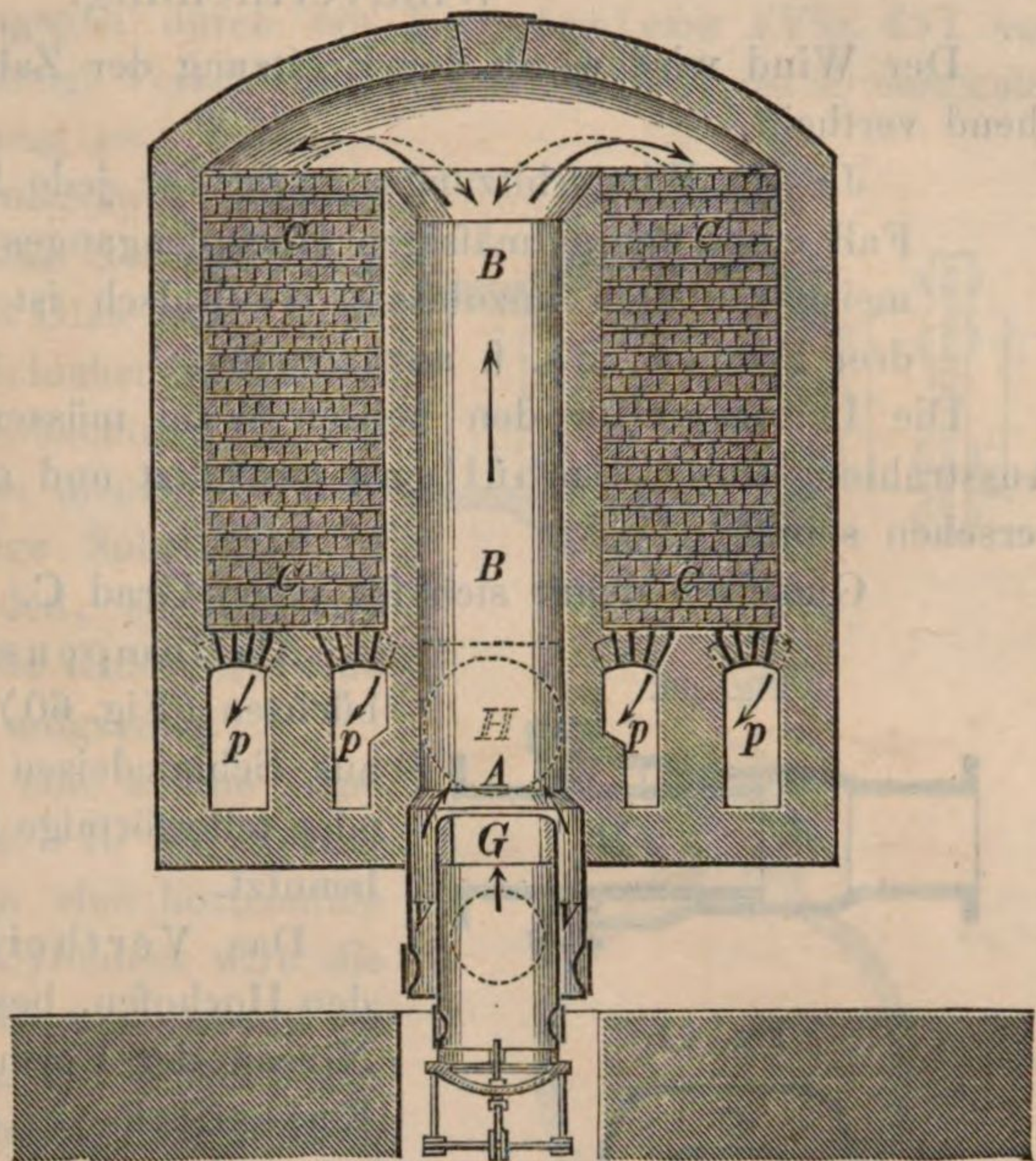
Verschlüsse der Feuerungen erschweren überdies die Erhaltung des Apparates.

Statt der kleineren mit feuerfesten Steinen ausgesetzten Kammern, benutzt man auch grössere Räume, welche nur durch abwechselnd gestellte Wände aus feuerfestem Material in zahlreiche kleinere Abtheilungen getheilt sind und daher der Flamme sowohl, als dem in umgekehrter Richtung durch sie hindurchströmenden Winde einen schlangenförmigen Weg vorschreiben. *)

Die Regeneratorapparate gestatten eine Erhitzung des Windes von $500-800^{\circ}$, sind daher besonders dann anzuwenden, wenn Apparate mit eisernen Röhren nicht mehr ausreichen.

Dieselbe Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 Cub.-Meter feuerfeste Steine auf eine gewisse Temperatur zu erhitzen, genügt für 1000 Cub.-Meter Luft, während allerdings mit derselben Wärmemenge, welche für 1 Cub.-Meter Gusseisen ausreicht, 2600 Cub.-Meter Luft erhitzt werden können. — Die Schwankungen in der Erhitzung der Luft variiren bei hinreichend grossen Apparaten bei circa zweistündigen Wechselperioden etwa zwischen 20 und 50° .

Fig. 59.



*) Revue universelle, 1869. livr. 5 et 6.

Windvertheilung.

Der Wind wird nach der Erhitzung der Zahl der Formen entsprechend vertheilt.

Je ein Winderhitzungsapparat für jede Form ist zwar für den Fall eines unregelmäßigen Hochofenganges sehr vortheilhaft, aber meist räumlich unzulässig. — Falsch ist es zwei Apparate für drei Formen u. s. f. anzuwenden.

Die Leitungen für den heißen Wind müssen möglichst kurz, vor Ausstrahlung durch Umhüllung geschützt und mit Compensationen versehen sein.

Guliseisen dehnt sich für jeden Grad C. um 0,0000111 aus.

Fig. 60.

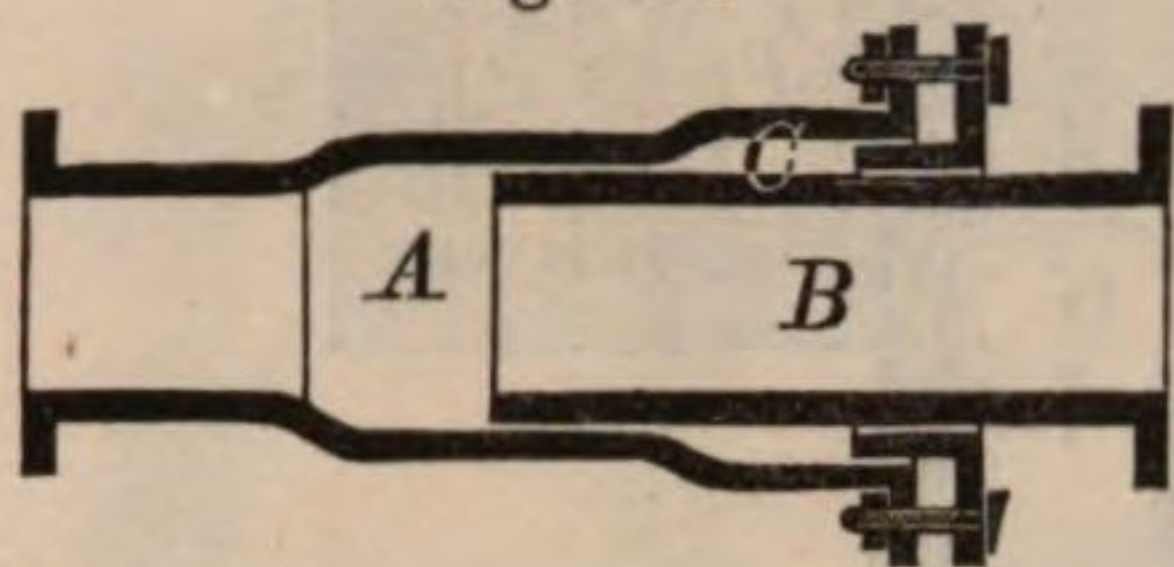


Fig. 61.

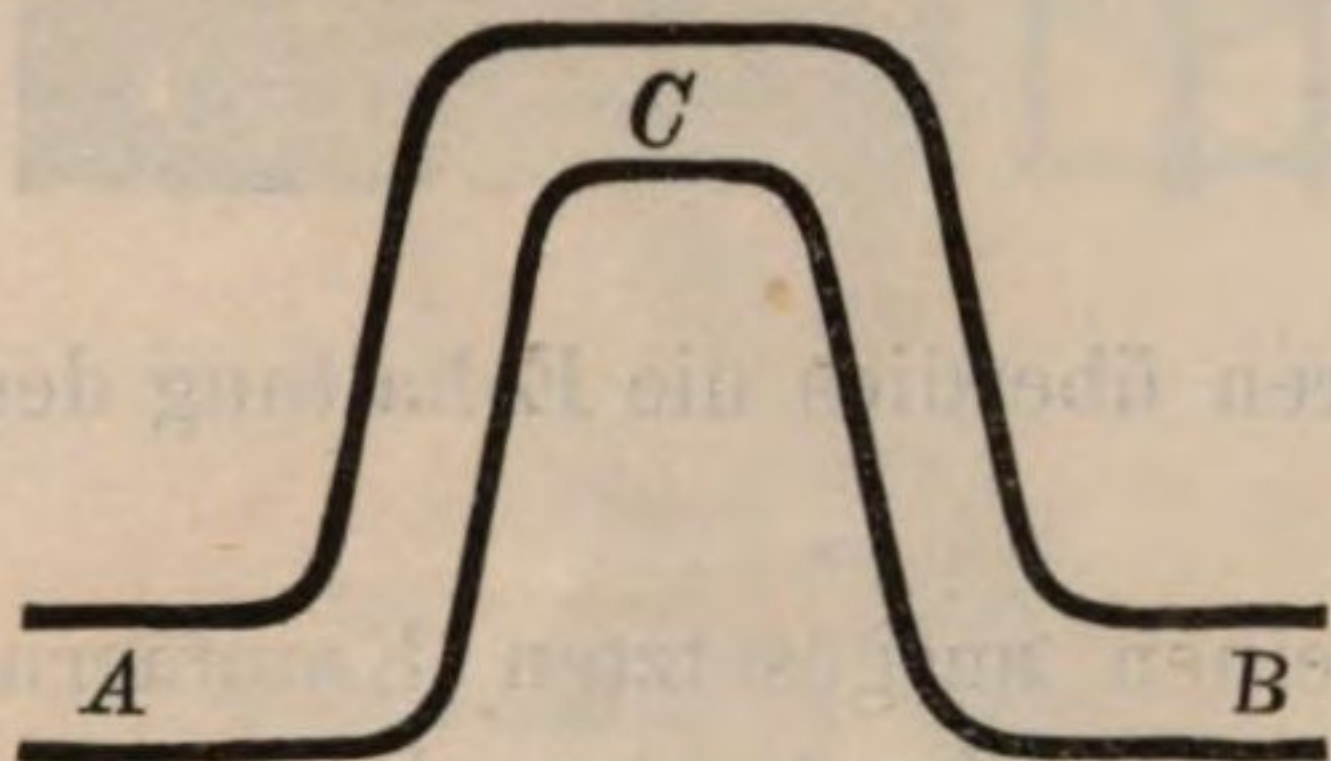
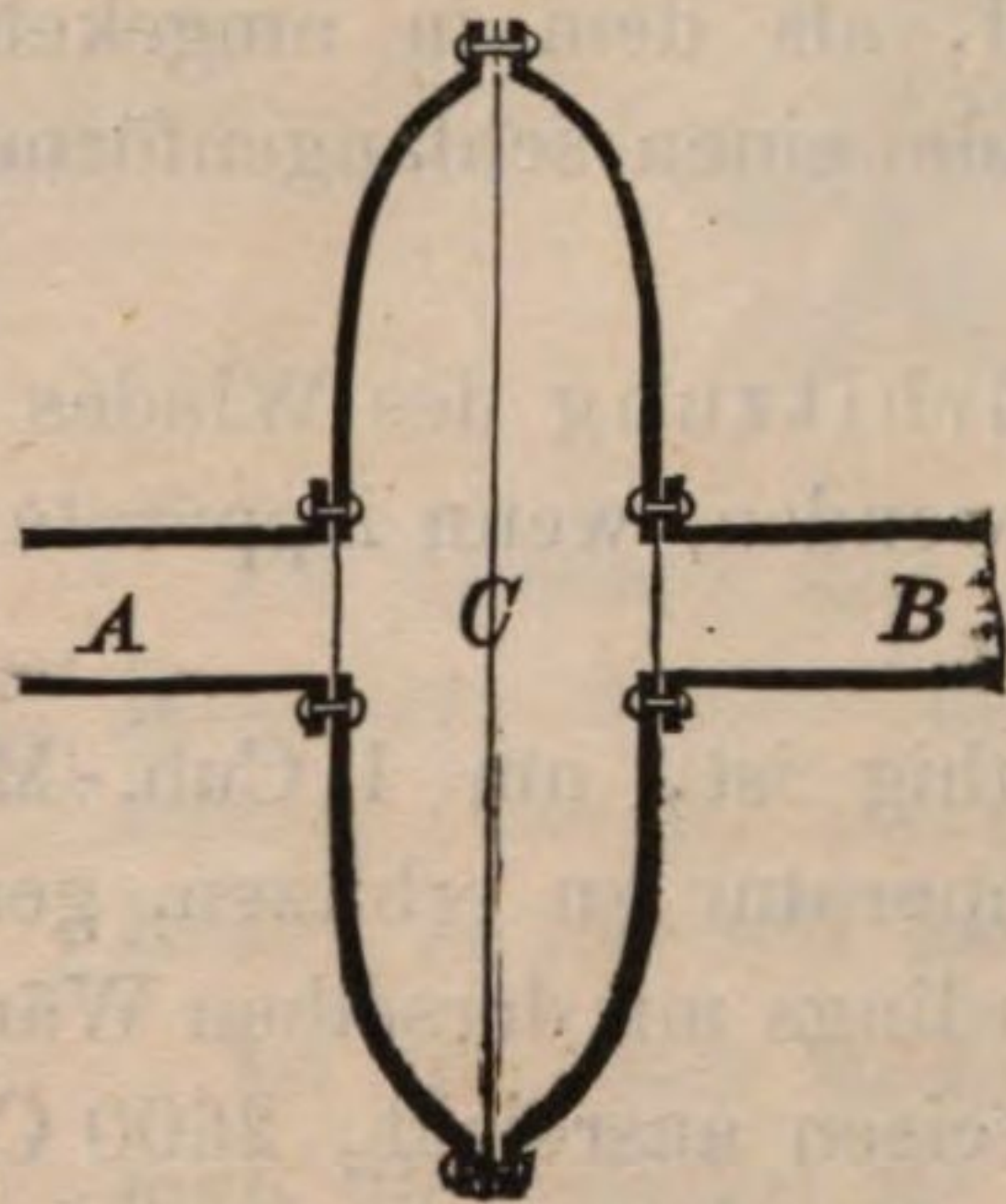


Fig. 62.



Als Compensationen werden Stopfbüchsen (Fig. 60), gebogene Rohrstücke aus Schmiedeisen oder Kupfer (Fig. 61) oder tellerförmige Blechscheiben (Fig. 62) benutzt.

Das Vertheilungsrohr läuft um den Hochofen, besser über, als unter dem Niveau der Formen, und mündet durch Kniestücke in die Düsen.

Das Absteigen der Kniestücke zur Düse verhindert den Eintritt von Schlacke in die Windleitung, das Aufsteigen erschwert den Eintritt von Gasen und Bildung explosiver Gemische. — Gegen den letzteren Vorgang schützen indessen auch Ventile.

Unter der Benennung Düsen versteht man die konischen Endigungsstücke der Windleitung.

Man wählt eine konische Form, weil erstens der Ausflusssoeffizient in diesem Falle (und zwar bei 6° Seitenconvergenz) am größten ist und sich zweitens die Größe der Ausflußöffnung dabei am genauesten reguliren läßt.

Die Düsen erhalten 25 — 130, meist 50 — 80 Millimeter Durchmesser. Ihre Lage ist eine genau bestimmte; sie müssen sich indessen während des Betriebes leicht aus dieser Lage entfernen und wieder in dieselbe einstellen lassen. — Bei kaltem Winde verbindet man zu diesem Zwecke

die Düse mit der festliegenden Rohrleitung durch Lederschläuche, bei heißem Winde dagegen durch ein Kugelgelenk (Fig. 63) und ordnet eine teleskopenartige Verschiebbarkeit des Knierohres in vertikaler und horizontaler Richtung an.

Am Ende des Knierohres befindet sich eine Oeffnung (das Schauloch), welche durch einen mit Glas- oder Glimmerplatte versehenen Schieber verschlossen wird und zur Beobachtung, sowie zur Reinigung der Düse dient.

Sollen pulverförmige Substanzen in den Ofen geführt werden, so wird auf das horizontale Stück des Knierohres eine Schüttvorrichtung aufgesetzt.

Fig. 64 stellt eine solche (eine Drehlade) dar. In die Vertiefung *b* eines um eine horizontale Axe drehbaren Cylinders wird die Substanz eingefüllt und gelangt bei der Stellung *c* in die Windleitung. Eine zweite rohrartige Verbindung ist nöthig, um durch Aufhebung des Gegendruckes die Schwere der Substanz zur Geltung zu bringen.

Fig. 63.

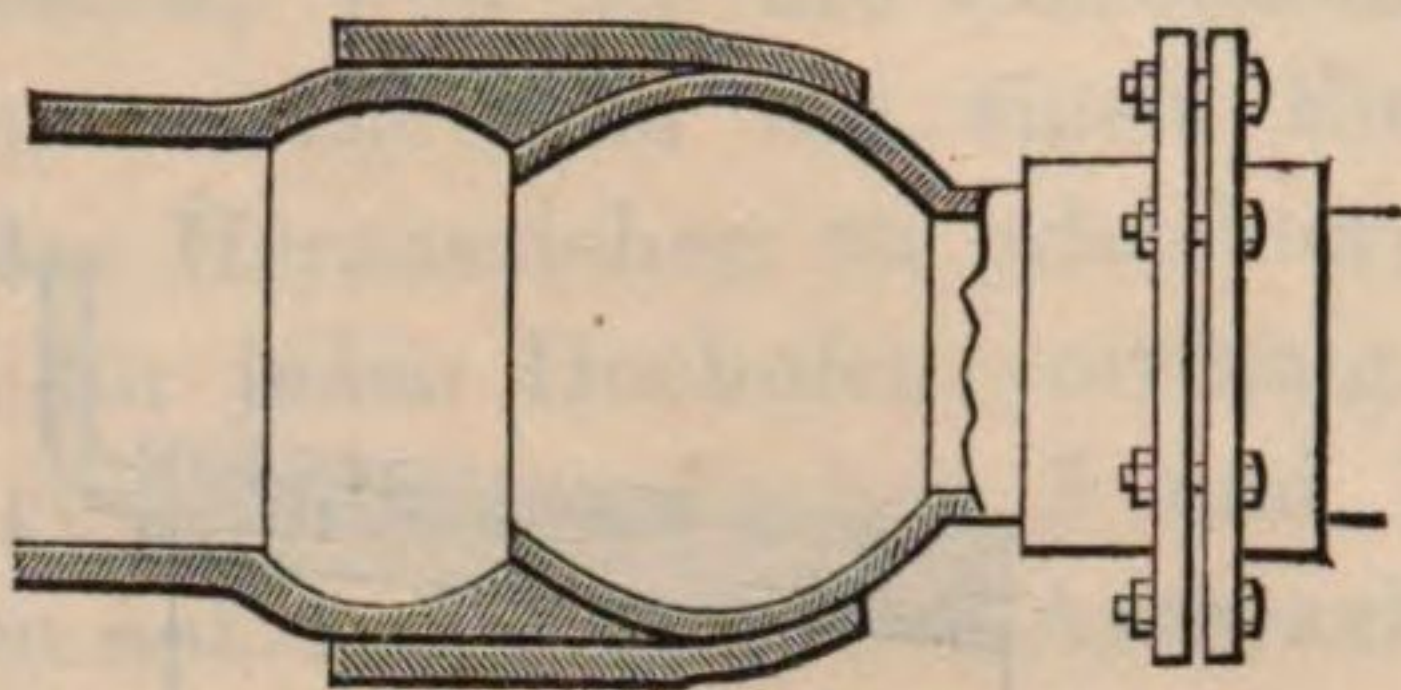
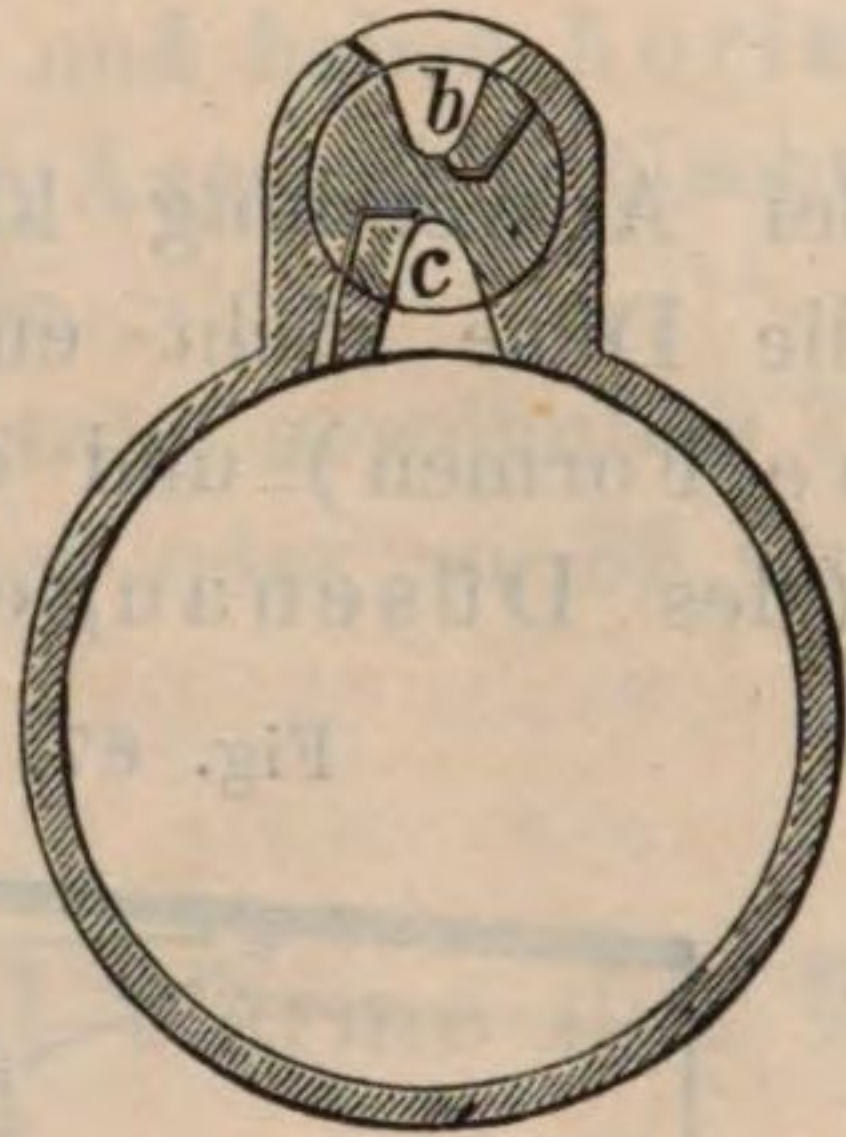


Fig. 64.



Die Formen.

Die Oeffnungen im Mauerwerke des Hochofens, durch welche der Wind in das Innere geführt werden soll, sind mit Metallhülsen ausgekleidet, welche Formen genannt werden. Die Formen besitzen eine abgestumpft konische Gestalt und bestehen bei Anwendung kalten Windes aus einfachem Eisen- oder Kupferblech, sind dagegen bei heißem Winde mit doppelten eisernen oder bronzenen Wandungen versehen, zwischen denen kaltes Wasser cirkulirt (Wasserformen).

Die Wasserformen bestehen entweder aus einem in Gufseisen eingegossenen, spiralförmigen schmiedeisernen Rohre (Fig. 66 auf Seite 86), oder aus einem doppelwandigen Kegel (Fig. 65 auf Seite 86) von Gufseisen, Schmiedeisen oder Bronze. — Im ersten Falle windet sich das Wasser von *a*, durch *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* nach dem Ende der Form (dem Rüssel) und durch die zwischenliegenden Windungen wieder zurück, um bei *i* auszufließen. Auch führt man es gerade bis in den Rüssel, dann durch nur einige Spiralgänge und wieder zurück. — Im zweiten Falle tritt es durch *b*

bis in die Nähe des Formrüssels und bei *a* wieder aus. — Gußeisenformen springen leicht, schmiedeiserne lassen sich schwer dichten, bronzene bewähren sich, obwohl sie am kostspieligsten sind, am besten. — Jede Wasserform eines Kokshochofens braucht in der Stunde 1,55 Cub.-Meter Wasser.

Fig. 65.

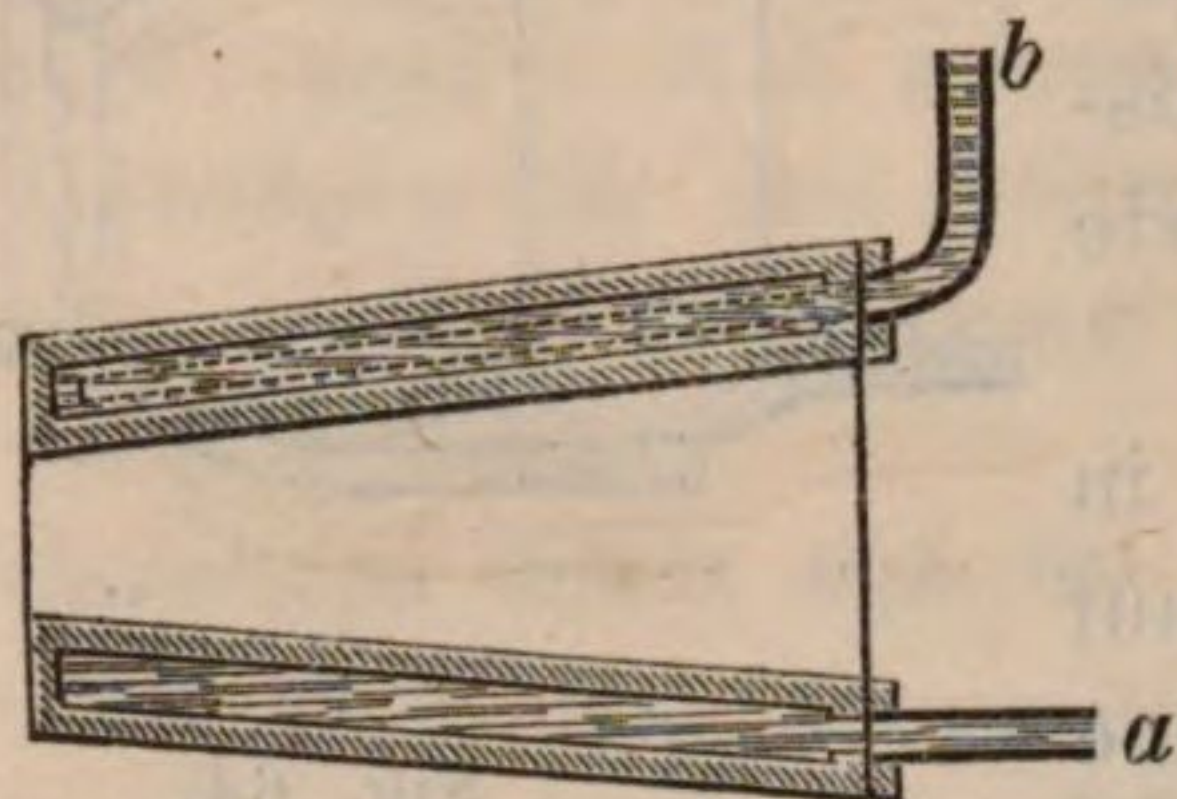
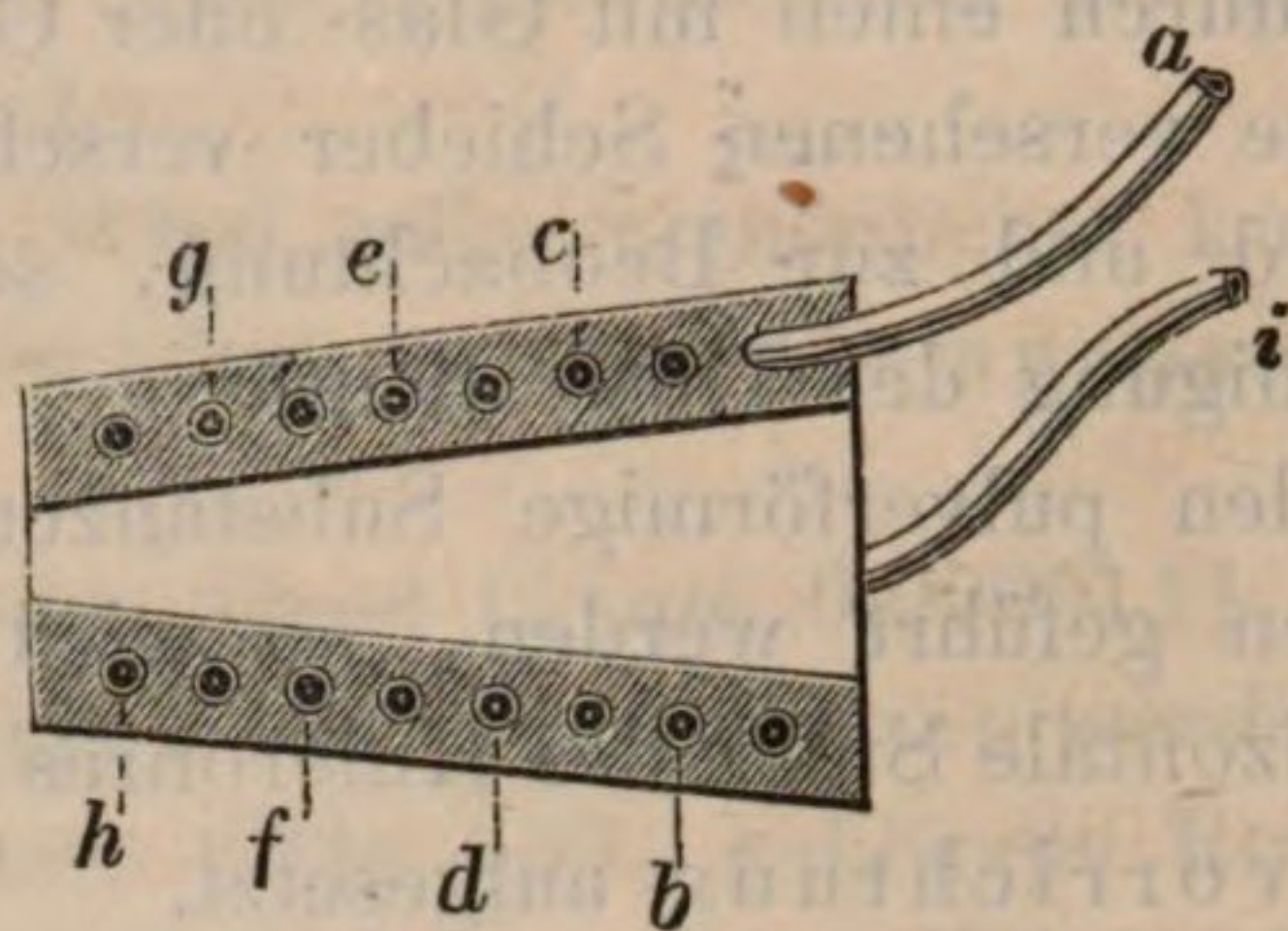


Fig. 66.



Bei Anwendung kalten Windes und ungekühlter Formen läßt man die Düse nicht eng an die Wandungen der Form anschließen (offene Formen) und erhält dann je nach der GröÙe der Düsenmündung (des Düsenauges) im Gegensatz zur Formenmündung (dem

Fig. 67.

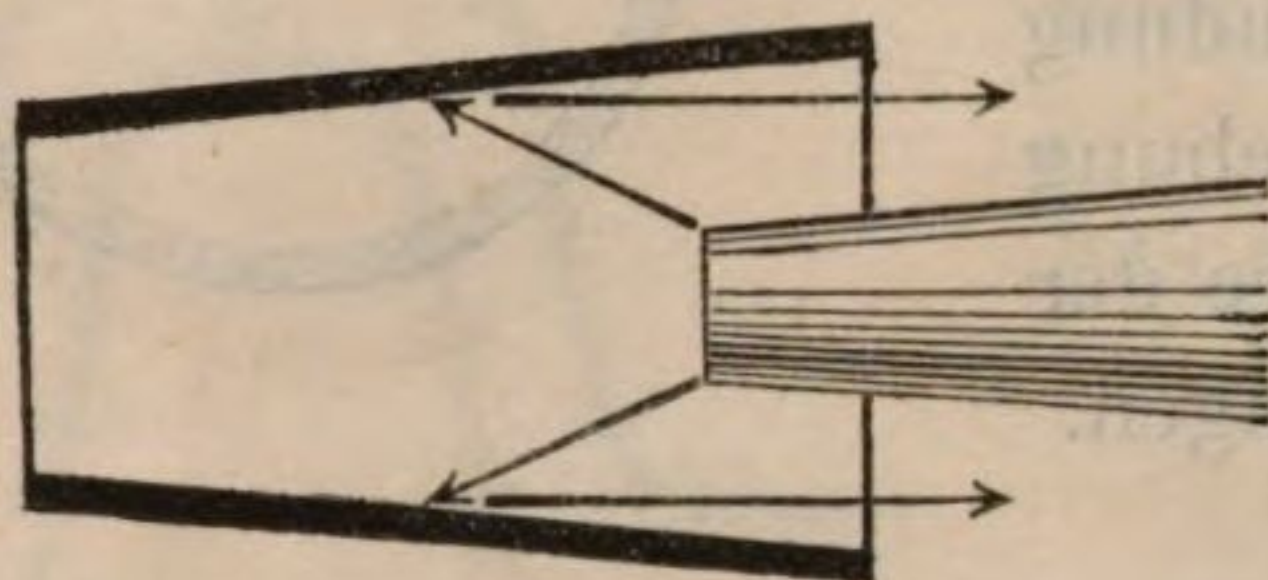


Fig. 68.

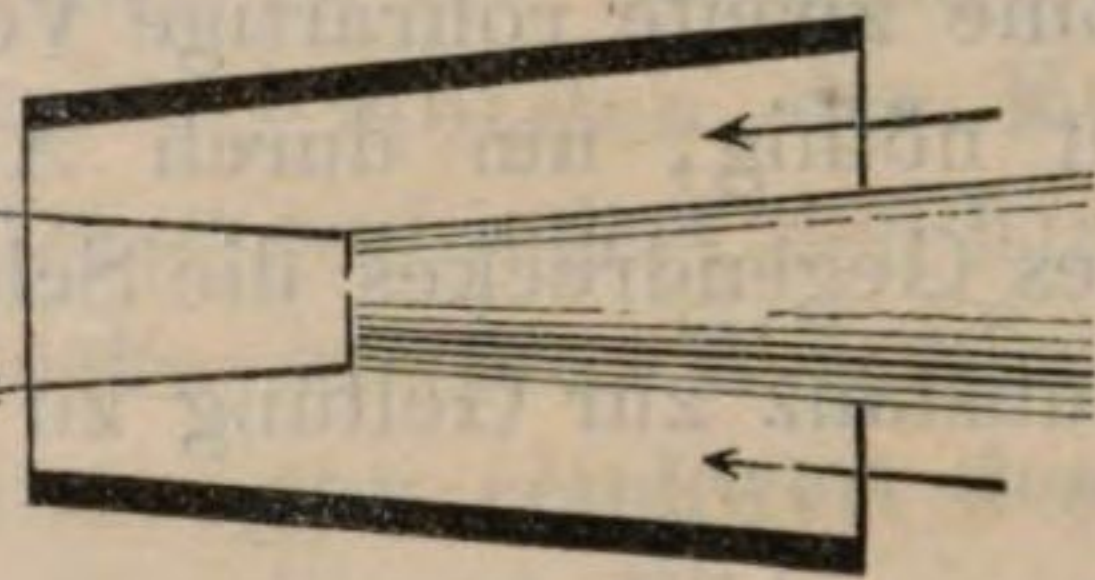


Fig. 69.

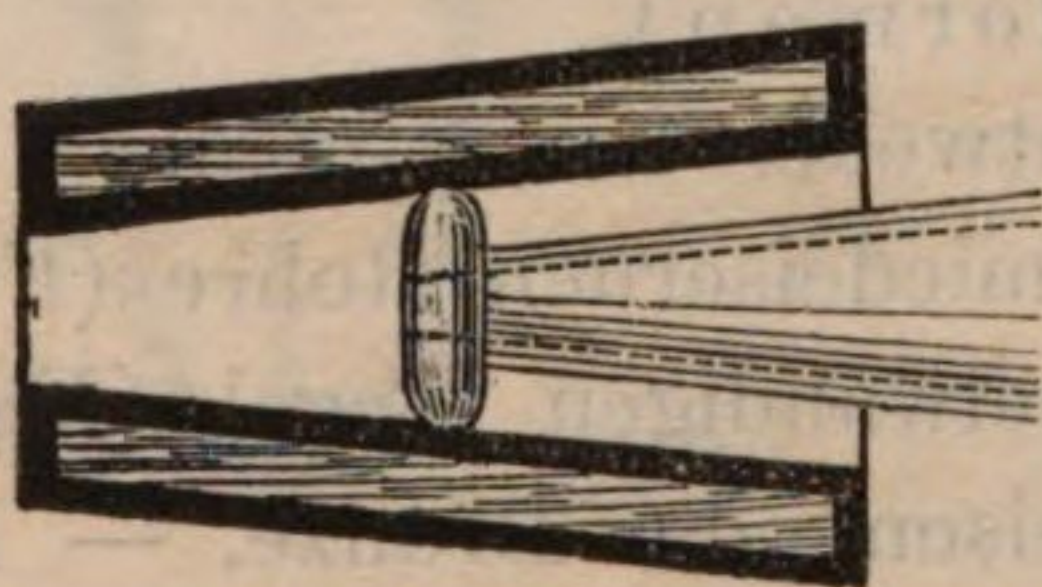
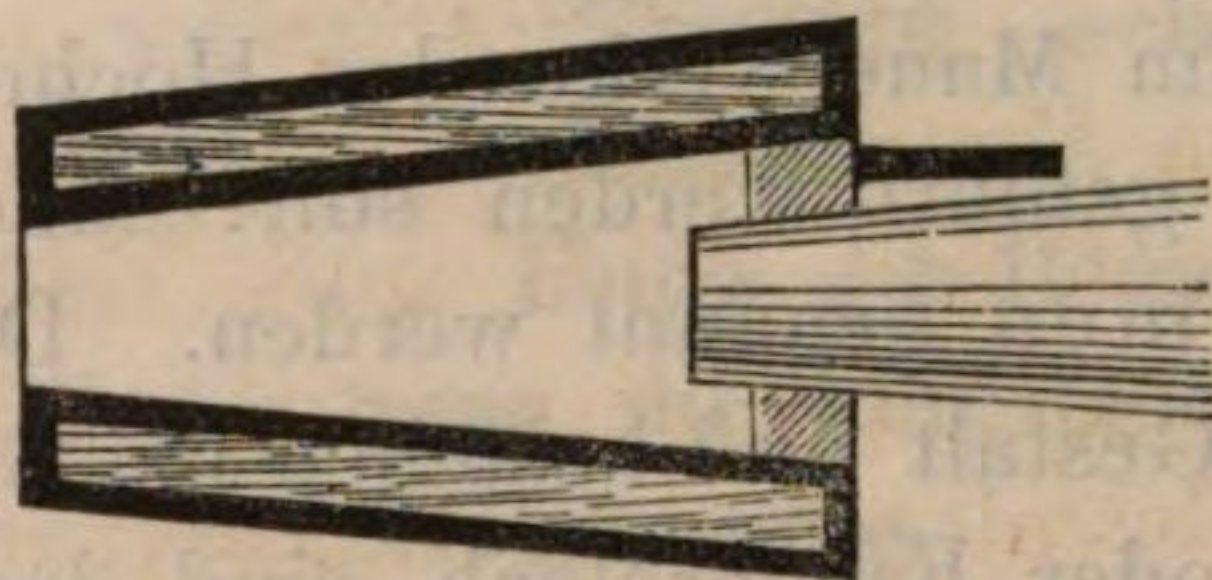


Fig. 70.

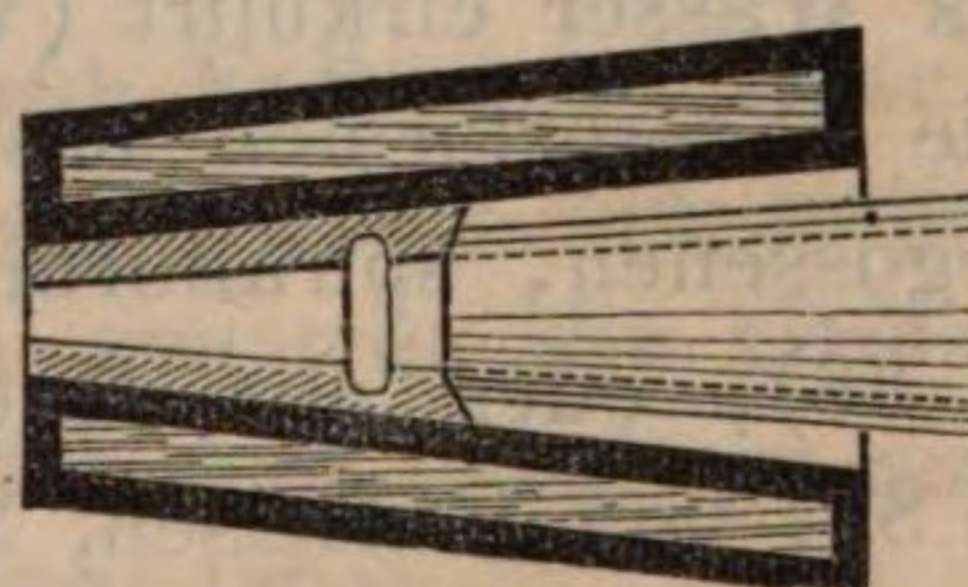


Fig. 71.

Formenaugen) einen Verlust (Fig. 67) oder geringen Gewinn (Fig. 68) an Luft. In jedem Falle richtiger ist der bei heißem Winde und Wasserformen fast stets angewendete dichte Anschluß (geschlossene Formen).

Der letztere wird theils durch einen zurückziehbaren Metall- oder Thonring (Fig. 69 auf Seite 86), theils durch einen am Düsenrüssel befestigten Wulst (Fig. 70 auf Seite 86) erreicht, theils durch das Einsetzen abgedrehter gusseiserner Stücke (Formeneinsätze, Fig. 71 auf Seite 86), an welche sich der ebenfalls abgedrehte Düsenrüssel anschliesst.

Die Formeneinsätze sind am besten, weil sie die Fortsetzung der Düse bis in den Ofen bilden. — Sie sind mit einem Einschnitte (Fig. 71) versehen, um das Herausziehen zu erleichtern. — Man hält verschiedene Grössen für jeden Hochofen vorrätig.

Die Zahl der Formen schwankt gewöhnlich zwischen 3 und 7, sinkt bei ganz kleinen Holzkohlenhochöfen auf 1 und steigt bei Anthrazithochöfen auf 13. — Sie werden meist gleichmäfsig um den Ofen vertheilt, jedoch fällt bei Sumpfföfen an der Brust eine Form (die Tümpel- oder Brustform) aus.

Die Formen liegen stets in einer Ebene und haben horizontale Axen. Bei angemessener Pressung können die Axen ohne Nachtheil auf das Centrum des Ofenquerschnitts gerichtet sein.

Die Höhe der Formen über dem Boden beträgt gewöhnlich 78 Centimeter, geht selten bis zu 94 Centimeter hinauf oder zu 39 Centimeter hinab.

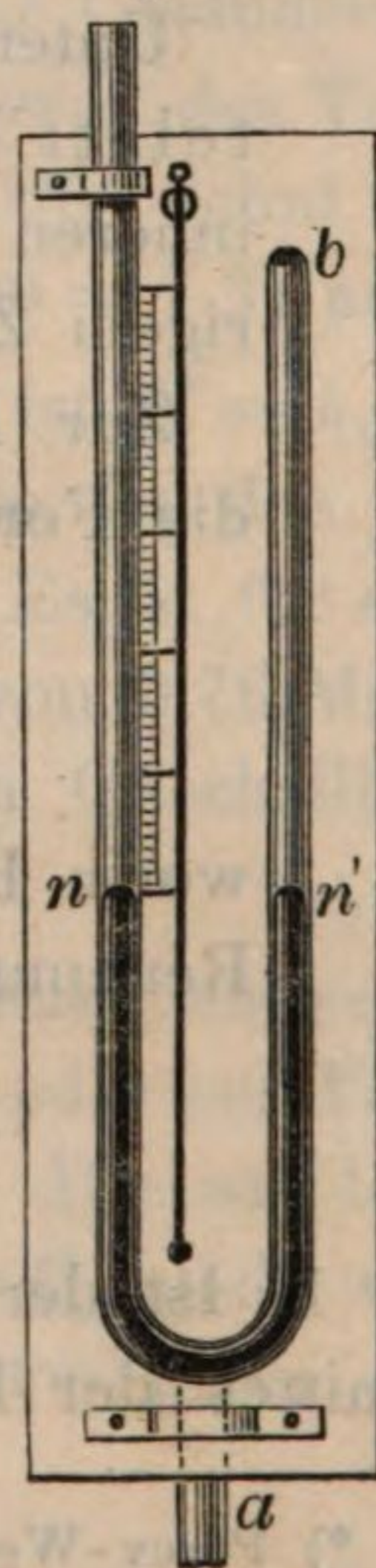
Apparate zum Messen von Druck und Wärme des Windes.

Um die Menge des in den Ofen gelangenden Windes zu berechnen, ist es nöthig den Druck und die Temperatur desselben zu kennen.

Der Druck wird als Ueberdruck (Pressung) über den der Atmosphäre durch Windmesser (Manometer) bestimmt, welche der Regel nach aus einem gebogenen (dreischenkligen) Glasrohr bestehen. Die Pressung wird an der Niveau-Differenz einer zweischenkligen Quecksilbersäule gemessen.

Fig. 72 zeigt ein gebogenes Glasrohr, dessen einer Schenkel *ab* hinter der Metallplatte aufsteigt, welche die Theilung trägt. Der dritte Schenkel (*n*) ist oben offen. Wird Schenkel *a*, welcher entweder gerade oder rechtwinklig umgebogen ist, in das Windrohr eingelassen, so sinkt der Quecksilberspiegel *n'* um so viel unter den Nullpunkt, als *n* steigt. Die Theilung ist verdoppelt, so daß, wenn der Quecksilberspiegel *n* um 1 Centimeter gestiegen ist, er sich an einem mit 2 Centimeter bezeichneten Theilstriche befindet. — Im Schenkel *a* befindet sich ein Sperr-

Fig. 72.



hahn, an dem horizontalen Stücke zwischen n und n' meist eine Verengung zur Verminderung der Schwankungen.

Metallmanometer mit gewellten Stahlplatten (Schäffer und Budenberg's und Gäbler's Konstruktionen) finden ebenfalls Anwendung.

Die Pressung wird meist in Pfunden pro Quadratzoll (1 Atmosphäre = 14,103 Pfund pro Quadratzoll oder 1,0308 Kilogramm = 103,08 Dekagramm pro Quadratcentimeter) oder auch in Zollen (1 Atmosphäre = 28 Pariser Zoll = 28,98 Preufs. Zoll) oder Centimetern (1 Atmosphäre = 75,80, abgerundet 76,00 Centimeter) Quecksilbersäule ausgedrückt.

1 Pfd. pro □Zoll	= 7,3 Dekagr. pro □Centim.	= 5,4 Centim.	= 2,05 Zoll.
2 " " "	= 14,6 " " "	= 10,7 " "	= 4,1 " "
3 " " "	= 21,9 " " "	= 16,1 " "	= 6,2 " "
4 " " "	= 29,2 " " "	= 21,5 " "	= 8,2 " "
5 " " "	= 36,5 " " "	= 26,9 " "	= 10,3 " "

Die Pressung pflegt bei Holzkohlenhochöfen zwischen 5,5 und 14,5, bei Kokshochöfen zwischen 7,3 und 22 Dekagramm pro Quadratcentimeter zu schwanken und bei Anthrazithochöfen auf höchstens 29 bis 36,5 Dekagramm zu steigen.

Die Pressung ist zu messen an der Gebläsemaschine, am Regulator, vor und hinter dem Winderhitzungsapparate und möglichst dicht an der Düse.

Die Temperatur des Windes wird bis 300° durch Quecksilberthermometer, bei höherer Erhitzung durch Pyrometer gemessen, zuweilen durch den Schmelzpunkt von Metallen oder Metalllegirungen.

Unter den Pyrometern empfiehlt sich besonders das Gauntelett'sche, welches aus einem äußeren Messingrohr und einem inneren (sich weniger ausdehnenden) Eisenstabe, sammt zugehörigem Zeigerapparat besteht.

Zur Reduktion der gebräuchlichen Thermometerskalen dienen die Formeln:

$$\begin{aligned} F &= 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R., \\ C &= \frac{5}{9} (F - 32) = \frac{5}{4} R., \\ R &= \frac{4}{9} (F - 32) = \frac{4}{5} C., \end{aligned}$$

worin F die Grade nach Fahrenheit, C nach Celsius und R nach Réaumur bedeuten.

Berechnung der Windmenge. *)

1) Ist der Kolbenquerschnitt eines Gebläses (nach Abzug des Querschnittes der Kolbenstange) in Quadratmetern = F , der Kolbenhub in

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk. Abth. II. S. 65, 67 und 167.

Metern $= L$, die Zahl der Wechsel per Minute bei einem einfach wirkenden, oder der Einzelhübe bei einem doppeltwirkenden Gebläse $= N$ und die Zahl der Gebläsecylinder $= n$, so ist die Menge der angesaugten Luft $Q = nNFL$. Dieses Luftquantum wird von der atmosphärischen Spannung p auf eine höhere Spannung p' verdichtet. Das ausgeblasene Windvolumen ist daher $Q_1 = Q \frac{p}{p'}$ *). Durch Unvollkommenheit der Ventilwirkung und der Dichtungen geht hiervon ein gewisser Theil verloren und es bleibt als wirklich ausgeblasener Wind $Q_2 = \varphi Q \frac{p}{p'}$, wenn φ der Coefficient des Wirkungsgrades (Windeffekt) **) ist.

2) Das Windquantum M , welches aus einer Düse ausströmt, ist gleich dem Produkte aus dem Querschnitte der Ausströmungsöffnung f und der Geschwindigkeit v . Sind m Düsen vorhanden, so ist die in den Hochofen gelangende Windmenge $M_1 = mfv$. — Die Geschwindigkeit v ergibt sich aus dem abgelesenen Manometerstande (der Pressungshöhe) h_1 bei einer zum Windstrome senkrechten Stellung des Manometerschenkels, der Zunahme des Manometerstandes bei parallel dem Windstrome entgegen gerichteter Stellung des Manometerschenkels (der Geschwindigkeitshöhe) h_0 , welche für die Praxis meist vernachlässigt werden kann, und der Spannung der Gase im Hochofen h_2 .

$h_1 + h_0$ nennt man die effektive Druckhöhe. — Die Pressung der Gase im Gestelle hängt von Ofenhöhe, Gichtweite, Beschaffenheit der Materialien und von der Windpressung ab. Sie schwankt zwischen 6 und 24 Millimeter Quecksilbersäule und kann durchschnittlich zu 8 Millimeter angenommen werden. Die Umänderung der Luft in Kohlensäure und Stickstoff vergrößert zwar das Volumen nicht, aber die Temperaturerhöhung auf ca. 2000° dehnt das Gasgemenge um das mehr als 7fache ($0,00366 \cdot 2000 = 7,3$) aus.

Die zur Berechnung dienende Pressung des Windes ist $H = h_0 + (h_1 - h_2)$. Ist der Düsendurchmesser in Metern $= \delta$, so ist das aus einer Düse ausströmende Windquantum $M = A \delta^2 \sqrt{H}$. — Es ist für eine mittlere Temperatur von 10° und einen Manometerstand von 0,76 Meter Quecksilber $A = 18740$, vorausgesetzt, daß H in Metern Quecksilbersäule ausgedrückt ist; M_1 also $= m A \delta^2 \sqrt{H}$.

3) Man pflegt die Luftmenge M behufs der Vergleichung entweder auf eine Temperatur von 0° bei gleichem Barometerstande oder auf Temperatur und Barometerstand des Saugraumes zu beziehen. Die auf letztere Weise für alle Düsen gefundene Windmenge $m M_3 = Q_3$ giebt verglichen mit der angesaugten Luftmenge Q den Gesamtwindeffekt

*) Vergl. Seite 55.

**) Vergl. Seite 71.

$\varphi' = \frac{Q_3}{Q}$, der im Durchschnitt = 0,65, im günstigsten Falle = 0,75 zu setzen ist, nicht selten und namentlich bei langen Windleitungen und unvollkommenen Winderhitzungsapparaten aber auf 0,5 und darunter fällt.

Wirkungsweise des Windes im Hochofen. *)

Der Sauerstoff des Windes verbrennt den im Hochofen vor die Formen tretenden Kohlenstoff zu Kohlenoxyd. Zwar wird bei der Berührung des Sauerstoffs mit dem glühenden Kohlenstoffe neben Kohlenoxyd, dessen Menge abnimmt, je heißer der Wind ist, Kohlensäure gebildet, diese wandelt sich aber ihrerseits in Berührung mit glühendem Kohlenstoffe sehr schnell in Kohlenoxyd um.

Der tiefer in den Ofen eindringende freie Sauerstoff verbindet sich wegen der hohen Temperatur nicht mit dem bei der ersten Verbrennung gebildeten Kohlenoxyde, sondern nur wieder mit festem Kohlenstoffe. — Hierin liegt die Erklärung für die Wirksamkeit des heißen Windes im Gegensatze zu der des kalten Windes, eine Wirksamkeit, welche weit über die Temperatur hinausreicht, die der Wind mit in den Ofen führt, d. h. die Erklärung für die durch Erhitzung des Windes hervorgerufene Ersparnis an Brennmaterial, welche in keinem graden Verhältnisse zu dem Aufwande an Brennmaterial für die Erhitzung des Windes steht, oder für die entsprechende Produktionsvergrößerung bei gleichem Brennmaterialaufwande. — Andere Erklärungen genügen nicht: Sie gründen sich theils auf das Zusammenwirken der durch den Wind und die entsprechende Vorwärmung der Kohlen bedingten Temperaturen (Scheerer), welche noch durch steigende Pressung und strahlende Wärme vergrößert werden sollen (Schinz), theils auf die Annahmen einer beschleunigten Verbrennung (Percy). Die ersteren Erklärungen führen nur auf sehr unbedeutende Temperaturerhöhungen, die letztere nur auf die absolute, nicht relative (dem Brennmaterialverbrauche entsprechende) Produktionssteigerung.

Unter sonst gleichen Umständen steigt die Menge des in der Zeiteinheit verbrennenden Kohlenstoffs und daher die GröÙe der Produktion eines Hochofens proportional der Menge des durch die Formen gelangenden Sauerstoffs.

Bei gegebenem Düsenquerschnitte findet die am meisten beschleunigte Verbrennung dann statt, wenn der Sauerstoff der Windströme grade mit Erreichung der Ofenaxe verzehrt ist. Wird daher die hierfür

*) Vergl. Seite 55 und Percy-Wedding, Eisenhüttenk., Abth. II., Seite 214.

erforderliche Windpressung überstiegen oder unterschritten, so steigt in jedem Falle der Brennmaterialverbrauch für gleiche Produktion im Hochofen.

Soll bei der hiernach mit dem niedrigsten Brennmaterialverbrauche verbundenen Windpressung die Produktion vergrößert werden, so muß man den Gesamtquerschnitt der Formen (am besten deren Zahl) vermehren.

Die mit dem Winde eingeführte Feuchtigkeit wird durch die glühenden Kohlen in freien Wasserstoff und Kohlenoxyd zersetzt und es geht hierdurch Wärme verloren.

9 Gewichtsth. Wasserdampf verlangen zur Zerlegung 34462 W.-E. und geben durch Kohlenoxydbildung 14838 W.-E., mithin gehen 19624 W.-E. verloren.

Achter Abschnitt.

Die Gase des Hochofens. *)

Zusammensetzung der Gase.

Das bereits in geringer Entfernung von den Formen nur aus Kohlenoxyd, Stickstoff und Wasserstoff bestehende Gasgemenge trifft beim Aufsteigen die ihm entgegen rückenden festen Substanzen, an welche es die zum Schmelzen nöthige Temperatur abgibt und mit denen es die chemischen Veränderungen vornimmt, auf welche sich der Hochofenprozeß gründet. Das Kohlenoxyd ist das wirksame Agens, der Stickstoff und der Wasserstoff bleiben im Wesentlichen unverändert.

Das Kohlenoxyd reduziert die Eisenoxyde und verwandelt sich in entsprechender Menge in Kohlensäure. Da zur Hervorbringung der nöthigen Temperatur im unteren Theile des Hochofens mehr Kohlenoxyd erzeugt werden muß, als zur Reduktion verbraucht wird, so entsteht ein Gemenge von Kohlenoxyd, Kohlensäure, Stickstoff und Wasserstoff, welchem sich die vor der Reduktion des Erzes verflüchtigten Bestandtheile der Erze (Kohlensäure und Wasserdampf), der Zuschläge (Kohlensäure) und der Brennmaterialien (z. B. Kohlenwasserstoffe und Ammoniak aus rohen, geringe Mengen Kohlensäure und Kohlenoxyd aus verkohlten Brennmaterialien) beimengen.

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk., Abth. II., Seite 215 — 407.

Nebenbei finden sich aus den Verunreinigungen der festen Materialien Schwefel und Schwefelwasserstoff, Arsen-, Zink-, Bleidämpfe, flüchtige kohlensaure Salze der Alkalien, im unteren Theile Cyankaliumdämpfe. — Das Mengenverhältniß der Gasarten bezieht man auf den (mit Ausnahme der geringen Variationen durch Cyanbildung) sich stets gleich bleibenden Stickstoffgehalt, der in den Hochofen geblasenen atmosphärischen Luft.

Die Gasarten sind nicht gleichmäfsig in den Horizontalquerschnitten des Hochofens vertheilt. Die Gase, welche an den Wänden aufsteigen, sind, da sie in Folge geringeren Widerstandes vorseilen, stets kohlenoxydreicher, d. h. sauerstoffärmer als die Gase aus der Mitte desselben Niveaus. Nur im untersten Theile des Ofens finden sich die von den Windströmen zurückgedrängten (stagnirenden) Gase an den Wandungen zwischen den Formen sauerstoffreicher als in der Mitte.

Die bei Sumpfföfen durch den Tümpel tretenden Gase (Tümpelgase) verstärken dies letztere Verhältniß.

Freier (unverbundener und dissociirter) Sauerstoff kann nur in unmittelbarer Nähe der Formen (im und am Fokus) bestehen.

Der gebundene Sauerstoffgehalt der Gase muß stets gleich dem der Luft oder gröfser sein, also 26,5 Vol. oder darüber auf 100 Vol. Stickstoff betragen.

Wäre derselbe nicht in den einzelnen Theilen desselben Horizontalquerschnittes ungleich vertheilt, so müfste sich eine stetige Zunahme bis zur Gicht zeigen.

Kohlensäure, welche bei der Verbrennung vor den Formen entsteht, kann wegen ihres schnellen Uebergangs in Kohlenoxyd nicht in höheren Ofentheilen existiren. Hier findet sich Kohlensäure daher nur 1) als Produkt der Erzreduktion, für welche sie ein Mafsstab ist, wenn keine andere Quelle dafür vorhanden ist, 2) als vergaster Bestandtheil aus den festen Materialien. ✓

Kohlensäure kann in Berührung mit glühenden Kohlen wieder in Kohlenoxyd übergeführt werden, jedoch nimmt der Kohlensäuregehalt bis zur Gicht stetig zu.

Kohlenoxyd entsteht theils vor den Formen durch direkte Verbrennung, theils durch Umwandlung von Kohlensäure; es bildet sich durch Einwirkung festen Kohlenstoffs auf den Sauerstoff unreduzirter Erze (direkte Reduktion) und stammt in geringen Mengen aus den aufgegebenen Brennmaterialien, in denen es neben Kohlensäure fast stets gasförmig vorhanden ist.

Bei der direkten Reduktion wird gleichzeitig der Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt der Gase vermehrt. Dasselbe findet aber auch statt, wenn durch Reduktion der Erze gebildete Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduzirt wird und abermals zur Reduktion der

Erze beiträgt. Beide Vorgänge können neben- oder nacheinander stattfinden, aber es giebt kein Mittel, sie durch die Gasanalyse zu unterscheiden.

Die Menge des Kohlenoxydes nimmt bis zur Gicht stetig ab, beträgt aber in den (getrockneten) Gichtgasen immer noch 40—45 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff.

Der Kohlenstoffgehalt der Gase sinkt im tieferen Theile des Ofens von da an, wo die Kohlenoxydbildung vollendet ist, in Folge der Kohlhung des Eisens, steigt höher hinauf wieder durch direkte Reduktion, bezieh. Reduktion der Kohlensäure zu Kohlenoxyd und endlich durch Beimengung der Kohlensäure aus den festen Substanzen.

Ein Wasserstoffgehalt der Gase stammt aus den vermittelst des Gebläsewindes und auf andere Weise (durch Tümpel etc.) in den Ofen dringenden Wasserdämpfe. *)

Kohlenwasserstoffe rühren allein von den (rohen) Brennmaterien her, zeigen sich in den Gasen von der halben Höhe des Ofens an und werden am reichlichsten in etwa $\frac{6}{10}$ der Höhe entwickelt. Der schwere Kohlenwasserstoff (Elayl-, Aethylen-Gas) zerfällt leicht in leichtes Kohlenwasserstoff (Grubengas, Sumpfgas) — $C_2H_4 = C + CH_4$ — und tritt daher nur in beschränktem Mafse auf.

Cyan ($CN = Cy$ mit 46,15 $\frac{0}{0}$ Kohlenstoff und 53,85 $\frac{0}{0}$ Stickstoff) bildet sich im heißesten Theile des Hochofens durch Verbindung vom Stickstoff der Luft mit Kohlenstoff des Brennmateriales bei Gegenwart von Kalium, welches aus den Kalisalzen der festen Materialien reduziert worden ist. Ein Theil des Cyans findet sich als Stickstoffcyanitan **) in kupferrothen Würfeln in den Hochofensäuren.

Freies Cyan ist nur in einem Falle von Bunsen und Playfair nachgewiesen worden. Sein Ursprung ist schwer zu erklären.

Das Cyankalium wirkt bei seinem Aufsteigen in Dampfform auf das reduzierte Eisen kohlend, oder wenn es mit Eisenoxyd in Berührung kommt (unter Bildung von Stickstoff, Kohlenoxyd und kohlensaurem Kali) reduzierend ein, ohne wegen seiner geringen Menge von wesentlichem Einfluß auf den Hochofenprozeß zu sein. ***)

Anwendung von Gas-Analysen.

1) Ist O die Gewichtsmenge Sauerstoff in einer Gicht (einem Satze) fester Materialien, s das Sauerstoffvolumen, welches im Gebläsewinde und S das Sauerstoffvolumen, welches im Gichtgase auf 100 Vol. Stickstoff kommt, so ist die Gewichtsmenge Sauerstoff, welche aus der Gebläseluft

*) Vergl. Seite 50.
Abth. II., Seite 265.

**) Vergl. Seite 10.

***) Percy-Wedding, Eisenhüttenk.

stammt und einer Gicht fester Materialien entspricht $o = \frac{Os}{(S-s)}$ und $\frac{3}{4}o$ der vor den Formen zu Kohlenoxyd verbrennende Kohlenstoff.

2) Ist Z die Gewichtsmenge des Kohlenstoffs der Brennmaterialgicht, so ist $Z - (\frac{3}{4}o + c + \zeta)$ der wirkliche Verlust, wenn c der Kohlenstoffgehalt des aus einer Gicht erzeugten Roheisens, ζ der zur direkten Erzreduktion pro Gicht verbrauchte Kohlenstoff ist.

3) O ist die Summe des Sauerstoffs aus der Kohlensäure der Erze und Zuschläge o' , des Sauerstoffs aus der Kohlensäure im Brennmaterial o'' , des Sauerstoffs aus dem Kohlenoxyde im Brennmaterial o''' und des Oxydsauerstoffs der Erze o'''' . Es ist daher das nicht aus Erzreduktion und nicht aus Gebläseluft stammende Sauerstoffvolumen auf 100 Vol. Stickstoff $A = \frac{(o' + o'')(S-s)}{O}$ und das aus der Reduktion stammende Sauerstoffvolumen $\Omega = (S-s) - A$.

4) Aus der Erzreduktion sind an Kohlensäure $K'' = K - \left(\frac{(o' + o'')(S-s)}{O}\right)$ Vol. entstanden, wenn K Vol. Kohlensäure auf 100 Vol. Stickstoff im Gichtgase enthalten waren.

5) Das durch Erzreduktion in Kohlensäure umgewandelte Kohlenoxyd-Volumen ist $k'' = 2s - \left(k - 2\frac{o'''(S-s)}{O}\right)$, wenn k Vol. Kohlenoxyd in den Gasen eines Ofentheils enthalten sind.

1 Vol. Sauerstoff bildet mit Kohlenstoff 1 Vol. Kohlensäure,
1 Vol. Kohlensäure mit Kohlenstoff 2 Vol. Kohlenoxyd, 1 Vol. Kohlenoxyd mit Sauerstoff 1 Vol. Kohlensäure.

6) Die Differenz $K'' - k''$ giebt das durch direkte Reduktion, bezieh. durch Reduktion vermittelt wieder reduzierter Kohlensäure entstandene Kohlensäure-Vol. an.

$K'' - k''$ ist niemals kleiner als 0; ist $K'' - k'' = 0$, so ist keine direkte Reduktion in dem betreffenden Hochofen vorhanden.

7) Der Sauerstoffgehalt, welcher dem Wasserdampfvolumen H des Windes auf 100 Vol. Stickstoff entspricht, ist $\frac{H}{2}$. Wird der aus anderen Quellen als von der Reduktion (σ) und dem Winde (26,5 Vol.) stammende Sauerstoff von der in einem Gasgemenge überhaupt enthaltenen Sauerstoffmenge abgezogen, so giebt die Differenz $D = \sigma - \left(\frac{H}{2} + 26,5\right)$ den Reduktionssauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff und das Verhältniß $\frac{D}{\Omega}$ den Reduktionsgrad des Erzes an.

Auf 100 Vol. Stickstoff kommen 53,0 Vol. Kohlenoxyd = 26,5 Kohlenstoff + 26,5 Sauerstoff.

Temperatur und Spannung der Gase.

An der Gicht sollen die Gase mit einer Temperatur von wenig über 100° entweichen, um allen Wasserdampf fortzuführen, ohne dem Hochofen mehr Wärme als nöthig zu entziehen. In halber Höhe des Ofens ist die Temperatur durchschnittlich $600-800^{\circ}$, in $\frac{1}{10}$ Höhe über den Formen $1150-1400^{\circ}$, vor den Formen $1600-1750^{\circ}$ (max. 2000°).

Die Unzuverlässigkeit der meisten Pyrometer veranlaßt sehr schwankende Angaben. Die besten Vergleiche erhält man durch die Schmelzpunkte von verschiedenen Metallen und Legirungen, die sichersten Resultate unter Anwendung thermo-elektrischer Pyrometer.

Die Spannung der Gase nimmt in Folge der Temperaturerniedrigung und des verringerten Widerstandes durch die Schmelzmaterialien nach der Gicht zu allmähig ab, wird aber beeinflusst durch den Querschnitt des Schachtraumes, mit dessen Weite sie unter sonst gleichen Umständen verhältnißmäßig zu- und abnimmt. Bei offener Gicht beträgt die Spannung der Gase vor dem Ausströmen nur 2—4 Millimeter Wassersäule über den Druck der Atmosphäre.

Höhere Spannungen, welche bisweilen bis zu 20 Millimeter Wassersäule und mehr steigen, sind stets ein Beweis zu enger Gichten.

Entziehung und Anwendung der Gichtgase.

Die aus der Gicht eines Hochofens ausströmenden Gase besitzen der Regel nach einen mehr als hinreichenden Kohlenoxydgehalt, um als Brennmaterial Verwendung finden zu können.

Bereits 11 Gew. Proz. Kohlenoxyd genügen. Der gewöhnliche Gehalt ist 30 Gew. Proz. *)

Läßt man die Gichtgase bei ihrer Ausströmung aus dem Ofen mit der Atmosphäre in Berührung treten, so brennen sie und können als Flamme (Gichtflamme) direkt zur Erhitzung (von Dampfkesseln, Winderhitzungsapparaten u. s. w.) auf dem Niveau der Gicht benutzt werden. Eine vollständige Ausnutzung der Wärme erfolgt indessen nur, wenn die Gase dem Ofen entzogen werden, ohne mit der Atmosphäre in Berührung zu treten, und nach gehöriger Reinigung in entsprechender Mischung mit Luft zur Verbrennung gelangen. Die Gase können in diesem Falle entweder durch Gaswege **) ganz oder theilweise aus dem Ofen gesogen werden, ehe sie die Oberfläche der Beschickung erreichen, wenn der Widerstand in den Gaswegen ein geringerer ist,

*) Vergl. Seite 93.

**) Vergl. Seite 60.

als zwischen der über denselben liegenden Beschickung, oder sie können aus dem Ofen gedrückt werden, nachdem sie die Oberfläche der Beschickung verlassen haben, wenn die Gicht verschlossen wird.

Werden die Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche entnommen, so ist diejenige Zone die günstigste, in welcher die Reduktion der Erze noch nicht begonnen hat, also der chemische Zweck des Kohlenoxydes erfüllt ist, und in der gleichzeitig die festen Materialien durch Vorwärmung bereits ihres Wassergehaltes beraubt worden sind.

Befinden sich die Gaswege an der Peripherie des Ofenschachtes, so wird das Bestreben der Gase, an den Wänden aufzusteigen, befördert, ist der Gasweg in der Axe des Ofens (central) angeordnet, so wird diesem Bestreben entgegen gearbeitet.

In jedem der beiden Fälle wird die Geschwindigkeit des Gasstromes vergrößert und dadurch der Hochofenbetrieb beeinträchtigt, während bei der Entziehung der Gase über der Beschickungsoberfläche weder Richtung noch Geschwindigkeit verändert zu werden braucht. Der Nachtheil, welcher durch den Wassergehalt der über der Beschickungssäule entzogenen Gase erwächst, kann leicht durch Abkühlung der letzteren unter 100° vor ihrer Verbrennung ausgeglichen werden.

Die Gase sind in erster Linie zur Erhitzung der Dampfkessel für die Gebläsemaschine, in zweiter Linie zur Erhitzung des Windes oder zum Rösten der Erze anzuwenden.

Die Benutzung der Gichtgase zu Zwecken, welche mit dem Hochofenbetriebe nichts zu schaffen haben, z. B. Ziegelbrennen, Puddeln, Schweißen u. s. w. ist ganz verfehlt.

Gaswege und Gasfänge.

Die Entziehung der Gase bei offener Gicht und an der Peripherie des Ofenschachtes erfolgt entweder durch Oeffnungen im Mauerwerk (Wasserralfinger Gasfang), welche vor Beschädigungen ver-

Fig. 73.

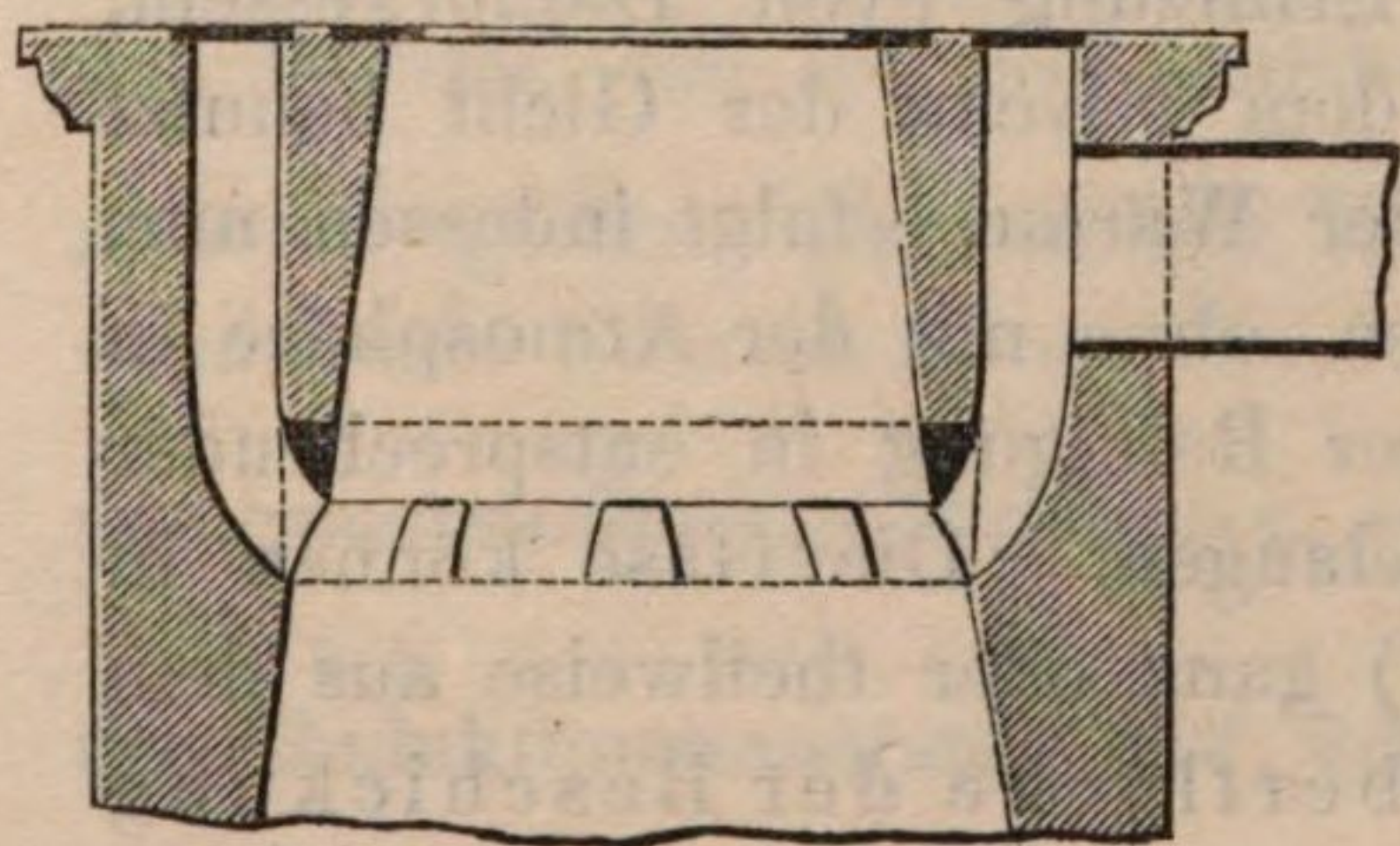
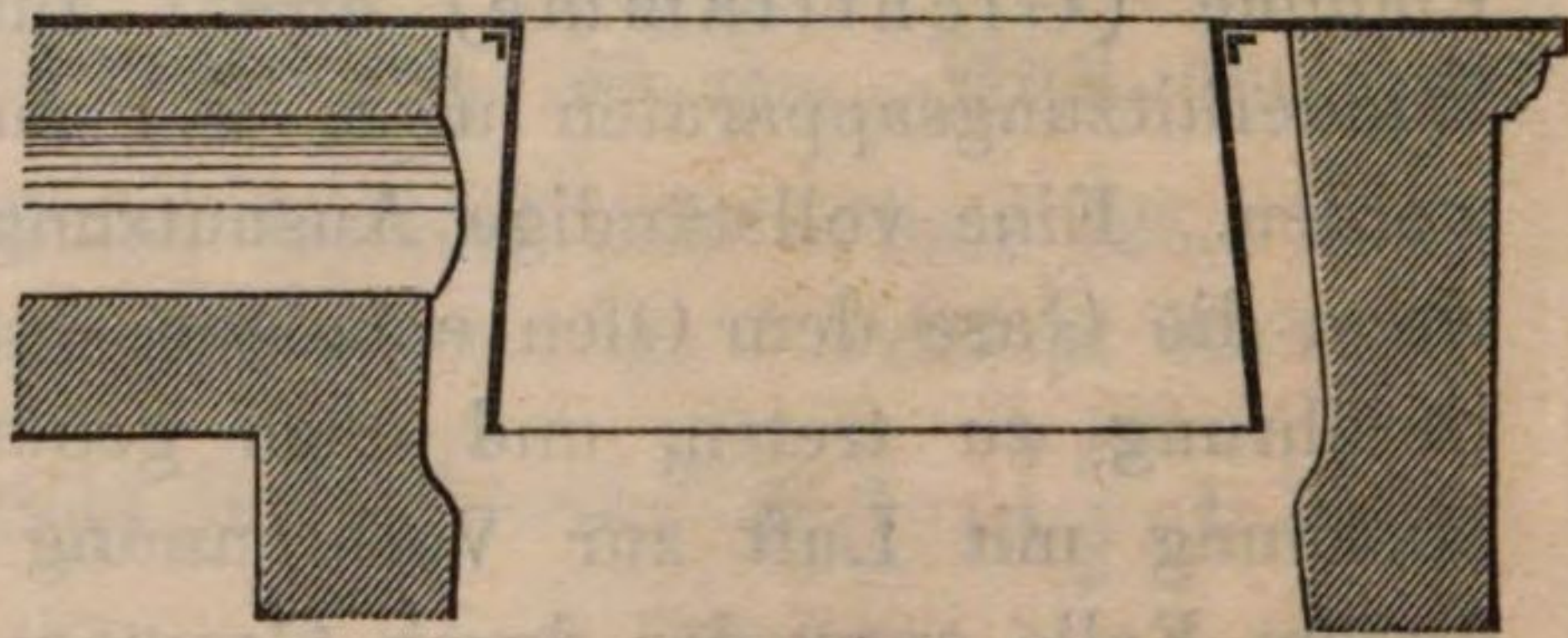


Fig. 74.



mittelst eines eisernen Ringes (Siegener Gasfang, Fig. 73) geschützt werden können, oder durch einen ringförmigen Raum, welcher von

einem in die Gicht eingehängten eisernen Cylinder gebildet wird (Pfort'scher Gasfang, Fig. 74, Seite 96). Zuweilen ist der Gassammelraum über der Gicht angebracht (Winzer'scher Gasfang, Fig. 75).

Diese Apparate verändern die Richtung und die Geschwindigkeit des Gasstromes zum Nachtheil des Hochofenbetriebes, stören dagegen nicht die Gleichmäßigkeit im Niedergange der festen Materialien und gestatten eine freie Zugänglichkeit der Gicht.

Behufs der centralen Gasabführung bei offener Gicht wird ein eisernes Rohr (Darby'scher Gasfang, Fig. 76) in die Gicht eingehängt, oder ein gemauertes Rohr auf ebenfalls gemauerten Gurtbögen errichtet (Barrow'er Gasfang, Fig. 77). Beide Vorrichtungen befördern die gleichmäßige Gasvertheilung im Hochofen, beschleunigen aber wie die vorhergehenden Apparate die Geschwindigkeit des Gasstromes und stören außerdem den gleichmäßigen Niedergang der festen Materialien.

Fig. 75.

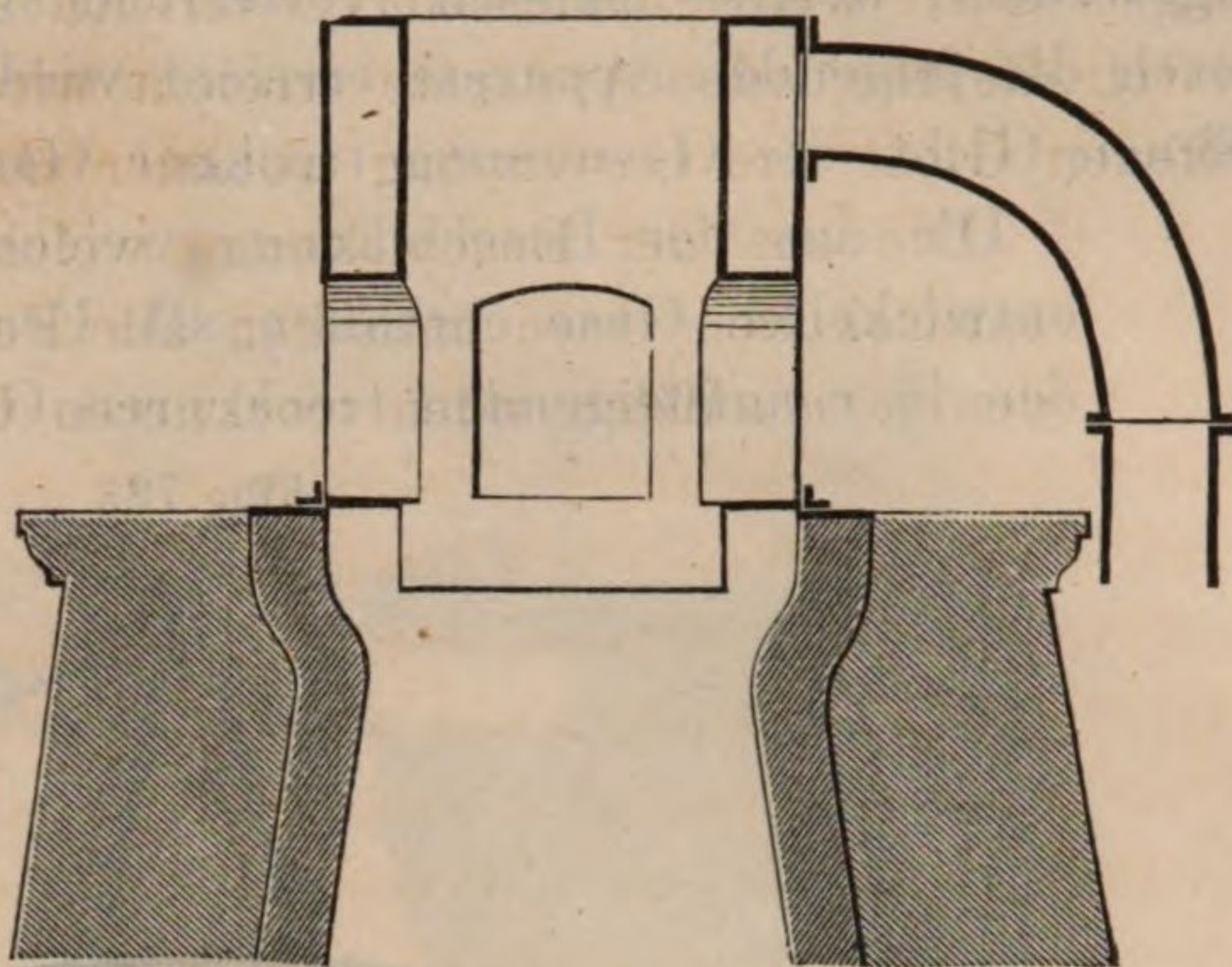


Fig. 76.

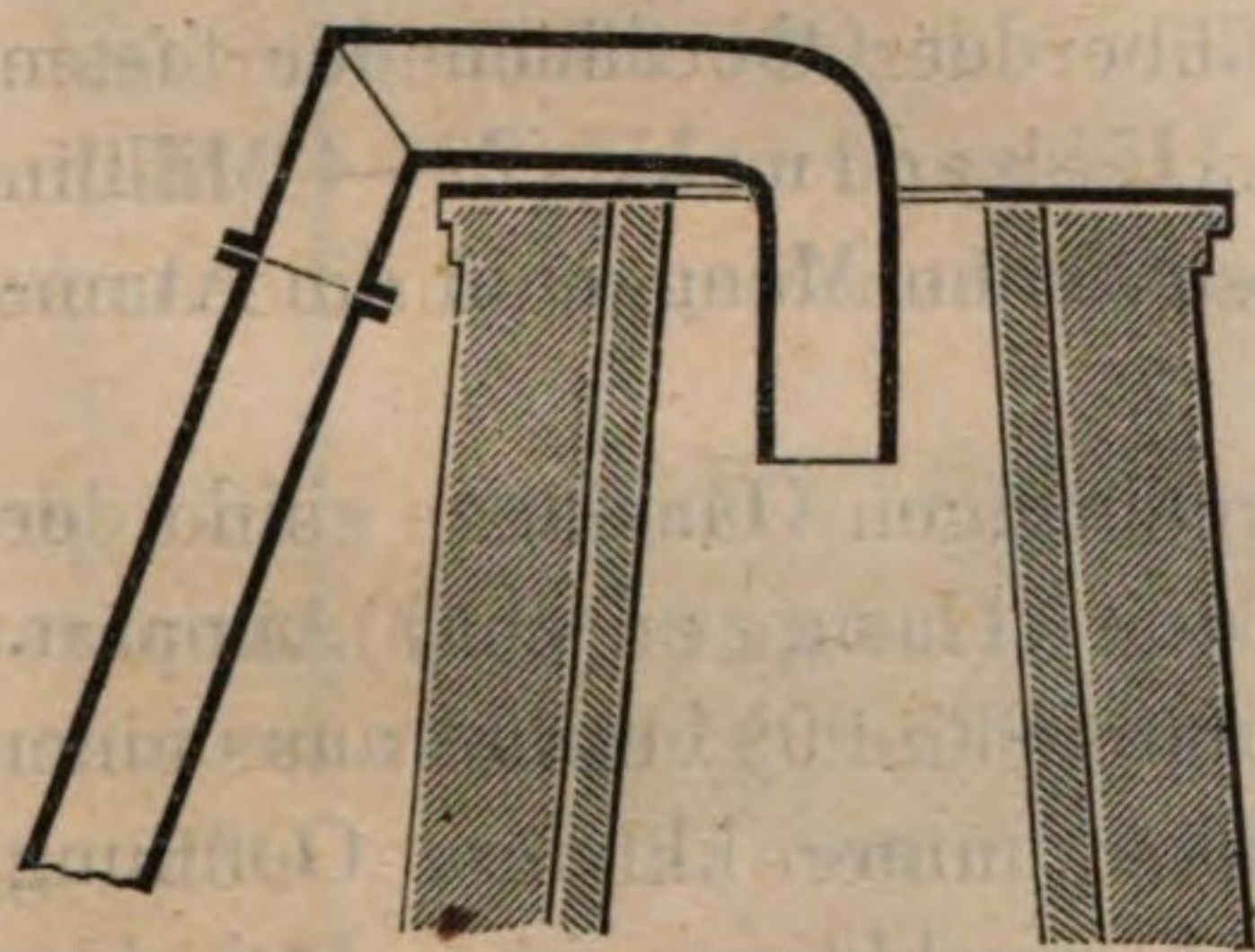
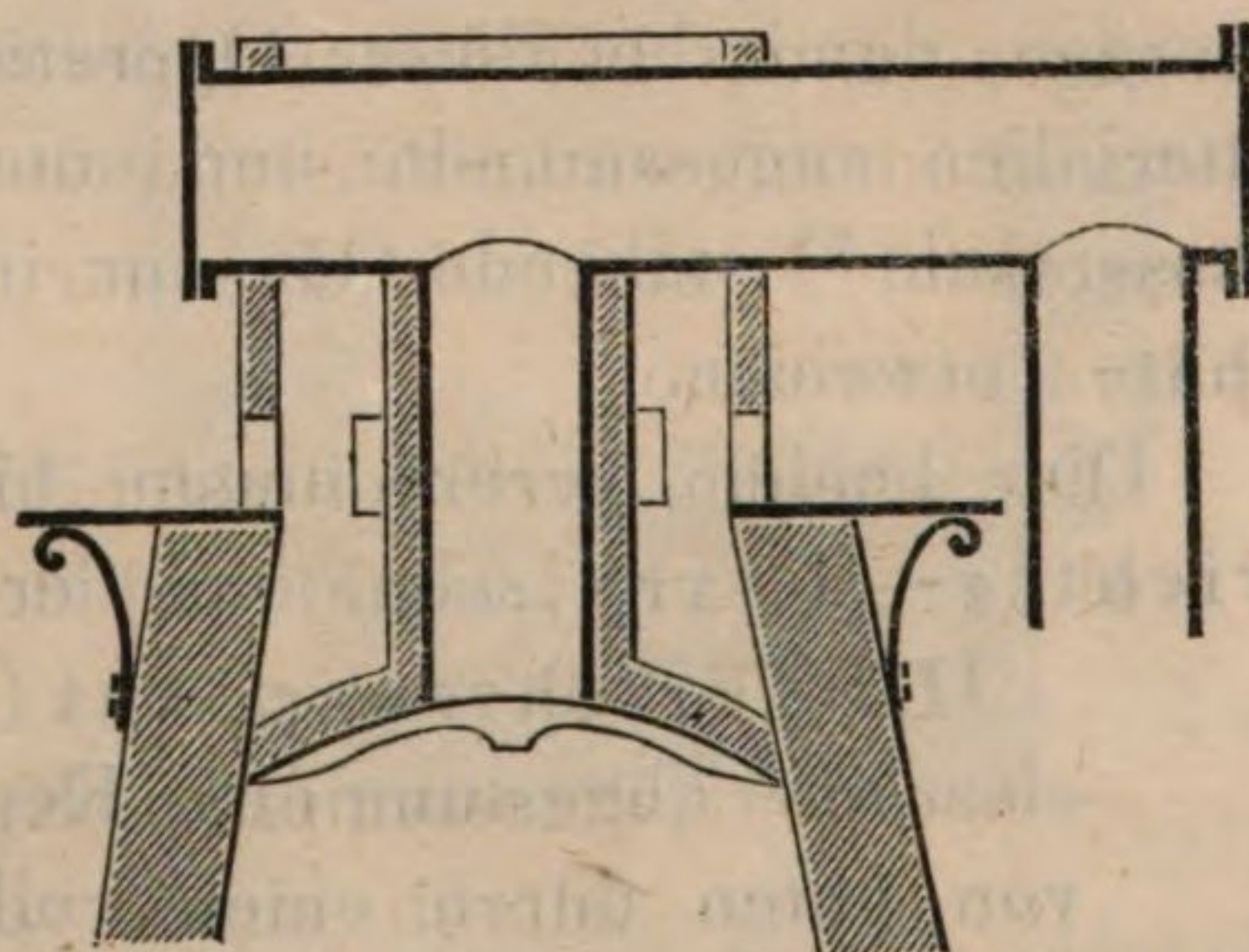


Fig. 77.



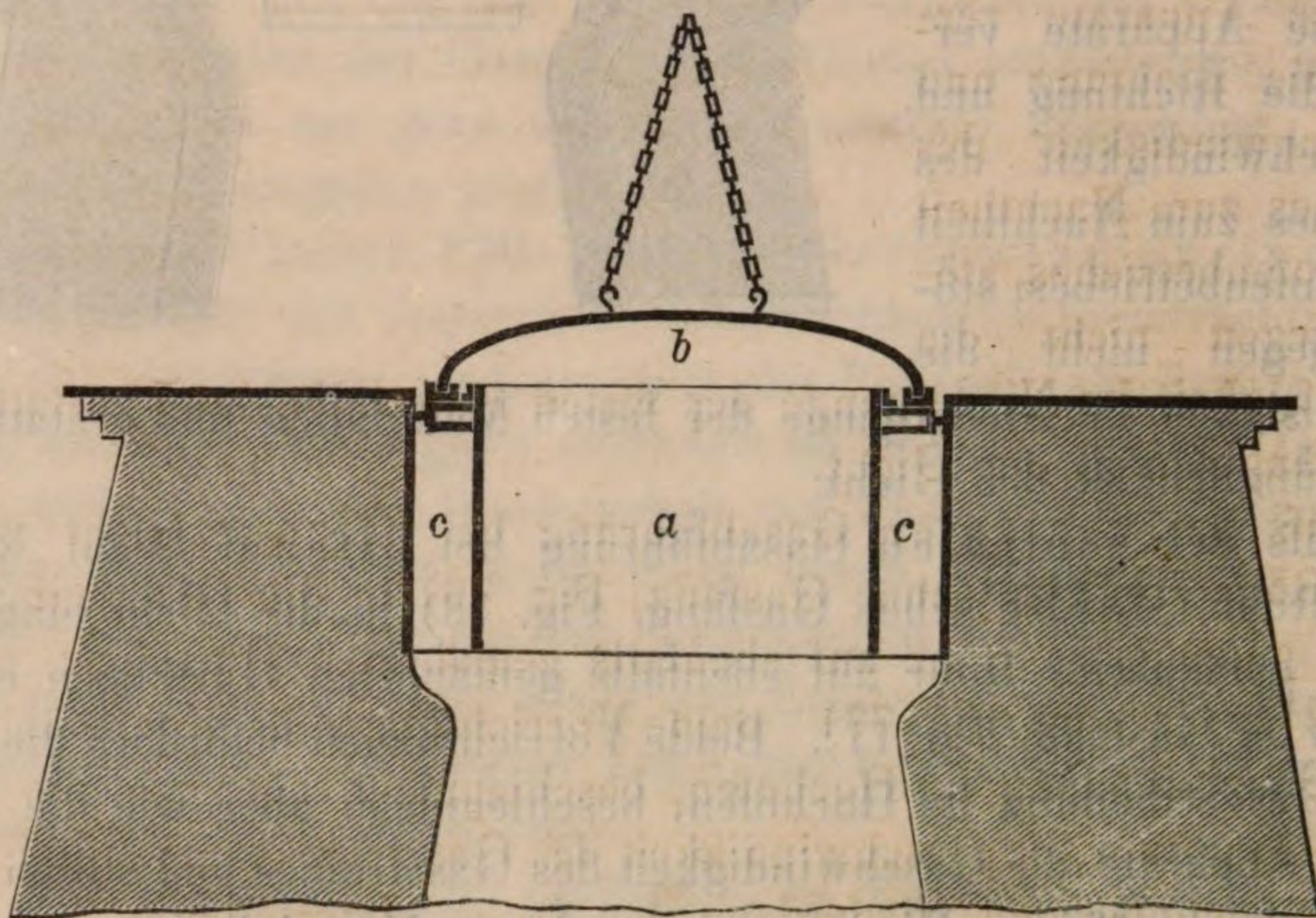
Bei allen bisher genannten Gasfängen gestattet man meist absichtlich das Entweichen einer geringen Gasmenge durch die Gicht, um einestheils die Vorbereitung der festen Materialien zu befördern und anderentheils die natürliche Pressung der Gase möglichst wenig vermindern zu müssen. Essen, welche den Ofen überragen, an den Verbrennungsstätten, seltener Ventilatoren, welche in die Gasleitung selbst eingeschaltet werden, erfüllen den Zweck der Saugapparate.

Um jeden, auch unabsichtlichen Gasverlust zu vermeiden, hat man

zuweilen Gichtverschlüsse (Gichtdeckel oder Gichtglocken, *b*, Fig. 78) angewendet, welche indessen verwerflich sind, da derselbe Zweck besser durch die folgenden Apparate erreicht wird und der einzige Vorthail der offenen Gicht, die Gewinnung trockner Gase, verloren geht.

Die aus der Beschickung, welche sich in *a* (Fig. 78) befindet, entwickelten Gase enthalten alle Feuchtigkeit und theilen dieselben in *c* aufsteigenden trockneren Gasen wieder mit.

Fig. 78.



Die Entziehung der Gase bei geschlossener Gicht verlangt Apparate, welche gleichzeitig eine mechanische Beschickung des Hochofens besorgen, damit bei dieser Operation das über der Oberfläche der festen Materialien angesammelte und unter einem Ueberdrucke (2—4 Millim. Wassersäule *) stehende Gas nur in unwesentlichen Mengen in die Atmosphäre entweiche.

Die beiden verbreitetsten hierhin gehörigen Gasfänge sind der Trichter- (Parry'sche) und der Glocken- (Langen'sche) Apparat.

Der Trichterapparat (Fig. 79 auf Seite 99) besteht aus einem eisernen abgestumpften Kegel, dessen untere kleinere Oeffnung von unten durch einen vollen Kegel geschlossen ist. Bei dem Senken des letzteren gleitet die vorher aufgestürzte Beschickung in den Ofen.

Der Glockenapparat (Fig. 80 auf Seite 99) besteht ebenfalls aus einem abgestumpften Kegel, auf den sich aber von oben eine Glocke (*A*) auflegt. Wird dieselbe (vermitteltst des Hebels *D*) emporgehoben, so gleitet die (in *B*) aufgehäufte Beschickung in den Ofenschacht.

*) Vergl. Seite 95.

Während bei dem Trichterapparate die Gase seitlich abgeleitet werden, steigen sie beim Glockenapparate senkrecht auf und belästigen daher auch beim Oeffnen den Arbeiter weniger.

Fig. 79.

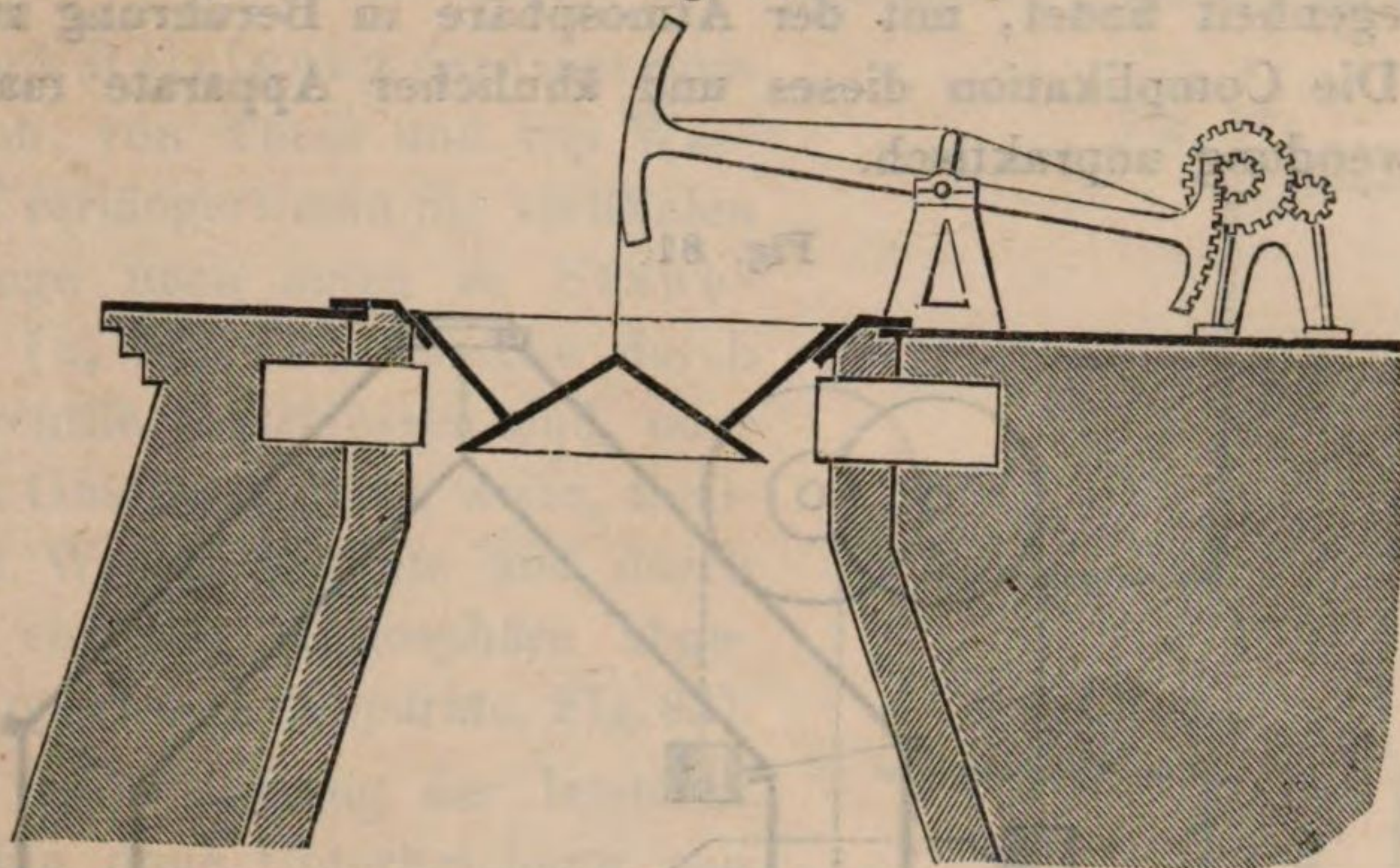
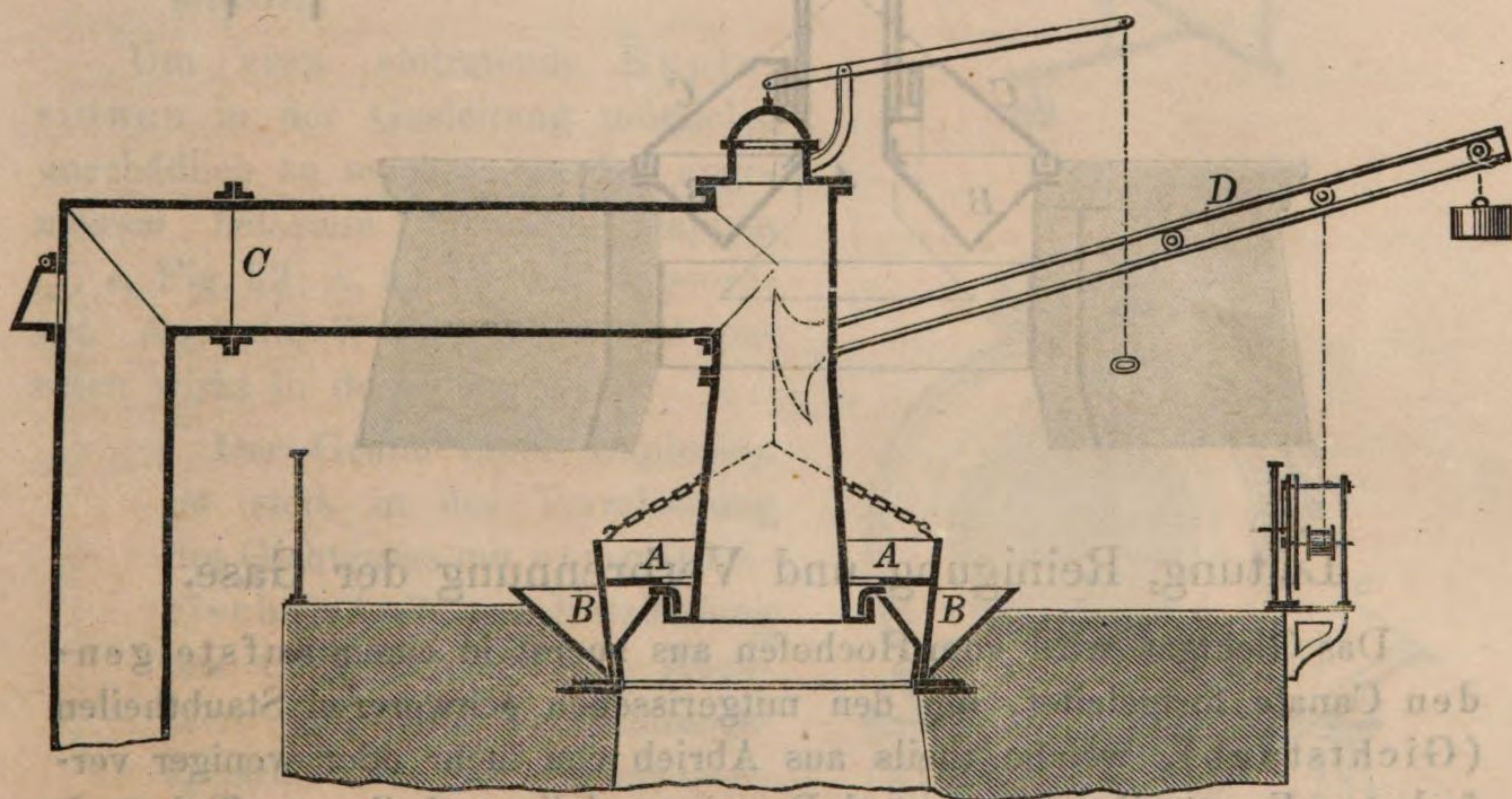


Fig. 80.



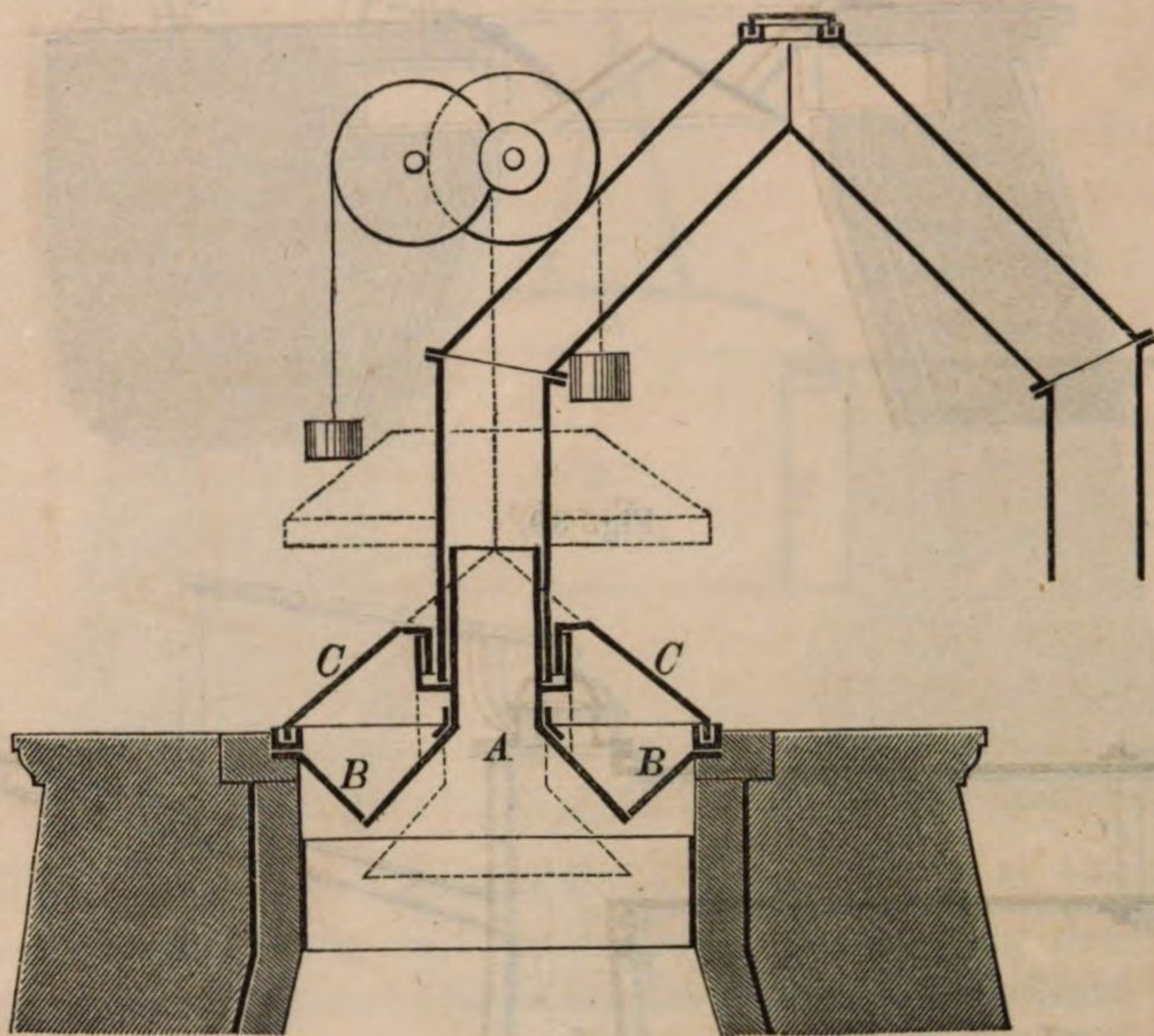
Der Trichterapparat gestattet keinen Zugang zur Beschickungsoberfläche, während beim Glockenapparate jene ganz frei gelegt werden kann. Hierin liegt der wesentlichste Vorzug des letzteren vor dem ersteren.

Combinationen beider Gasfänge kommen in verschiedener Anordnung mehrfach zur Anwendung.

Theils wird bei seitlicher Gasentziehung die Gicht durch eine Glocke verschlossen, theils das Gas durch die obere Spitze des Parry'schen Kegels entzogen, theils finden sich Glocke und

Trichter vereinigt. Fig. 81 zeigt die letztere Anordnung (Hoff'scher Gasfang). Zuerst wird *C* gehoben und die Beschickung gelangt zwischen *C*, *B* und *A*; dann wird *A* gesenkt und die Beschickung gleitet in den Hochofen, ohne daß jemals das Gas Gelegenheit findet, mit der Atmosphäre in Berührung zu treten. — Die Complication dieses und ähnlicher Apparate macht ihre Anwendung unpraktisch.

Fig. 81.



Leitung, Reinigung und Verbrennung der Gase.

Das Gichtgas wird vom Hochofen aus zuerst in einem aufsteigenden Canale fortgeleitet, um den mitgerissenen schwereren Staubtheilen (Gichtstaub), welche theils aus Abrieb von mehr oder weniger veränderten Erzen, Zuschlägen und Brennmaterialien, theils aus Zinkoxyd, Chlor- und kohlensauren Alkalien bestehen, Gelegenheit zu geben, in den Hochofen zurückzufallen.

Auch schwefelsaure Salze, Bleioxyd, Jod u. s. w. enthält der Gichtstaub, der wegen seines Eisenreichthums zuweilen gesammelt und in Kalkmilch eingebunden in den Hochofen zurückgegeben wird, während er bei zinkischen Erzen, namentlich in den weiter vom Ofen abgelegenen Theilen der Gasleitung, ein oft werthvolles Material zur Zinkgewinnung liefert, welches nicht selten den ganzen Gasfang in kurzer Zeit bezahlt macht.

Die weitere Leitung, welche die Gase meist von der Gichthöhe auf die Hüttensohle zu führen hat, besteht aus schmiedeisernen, seltener gusseisernen Röhren, welche namentlich dann, wenn der Druck der Gase geringer als der der Atmosphäre ist, vollkommen gasdicht sein müssen.

Behufs Reinigung der Gase vom Gichtstaub, von Theer und von Wasserdampf verlängert man die vertikalen Rohrstränge nach unten zu Staubsäcken (*e*, Fig. 82), welche durch Klappenventile verschlossen sind, oder leitet den Gasstrom durch weite, theilweis mit Wasser gefüllte und durch letzteres von der Atmosphäre abgesperrte Apparate (S-Apparate, Fig. 83).

Die Reinigung der letzteren kann ohne Unterbrechung von *c* aus mittelst Krücken geschehen.

Um etwa eintretende Explosionen in der Gasleitung möglichst unschädlich zu machen, werden angemessen belastete Sicherheitsklappen (*f*, *e*, Fig. 82; *a*, *b*, Fig. 83) angeordnet. Auch das Wasser in den S-Apparaten wirkt in derselben Weise.

Der Grund einer Explosion ist stets in der Vermischung des Gichtgases mit atmosphärischer Luft und Entzündung des Gasgemenges vom Hochofen oder vom Verbrennungsapparate aus zu suchen. — Explosionen werden vermieden, durch rechtzeitige Absperrung der Gasleitung beim Stillstande, durch einen Ueberdruck der Gase, Dichthaltung der Röhren beim Betriebe und sofortige Inbrandsetzung der ausströmenden Gase beim Beginn des Betriebes.

Zur Verbrennung müssen die Gase innig mit Luft gemischt werden und daher in Form einzelner schwacher Strahlen oder einer flachen Schicht ausströmen.

Zur Hervorbringung der letzteren bedient man sich schnabelförmiger Mundstücke mit niedriger und breiter Oeffnung.

Fig. 82.

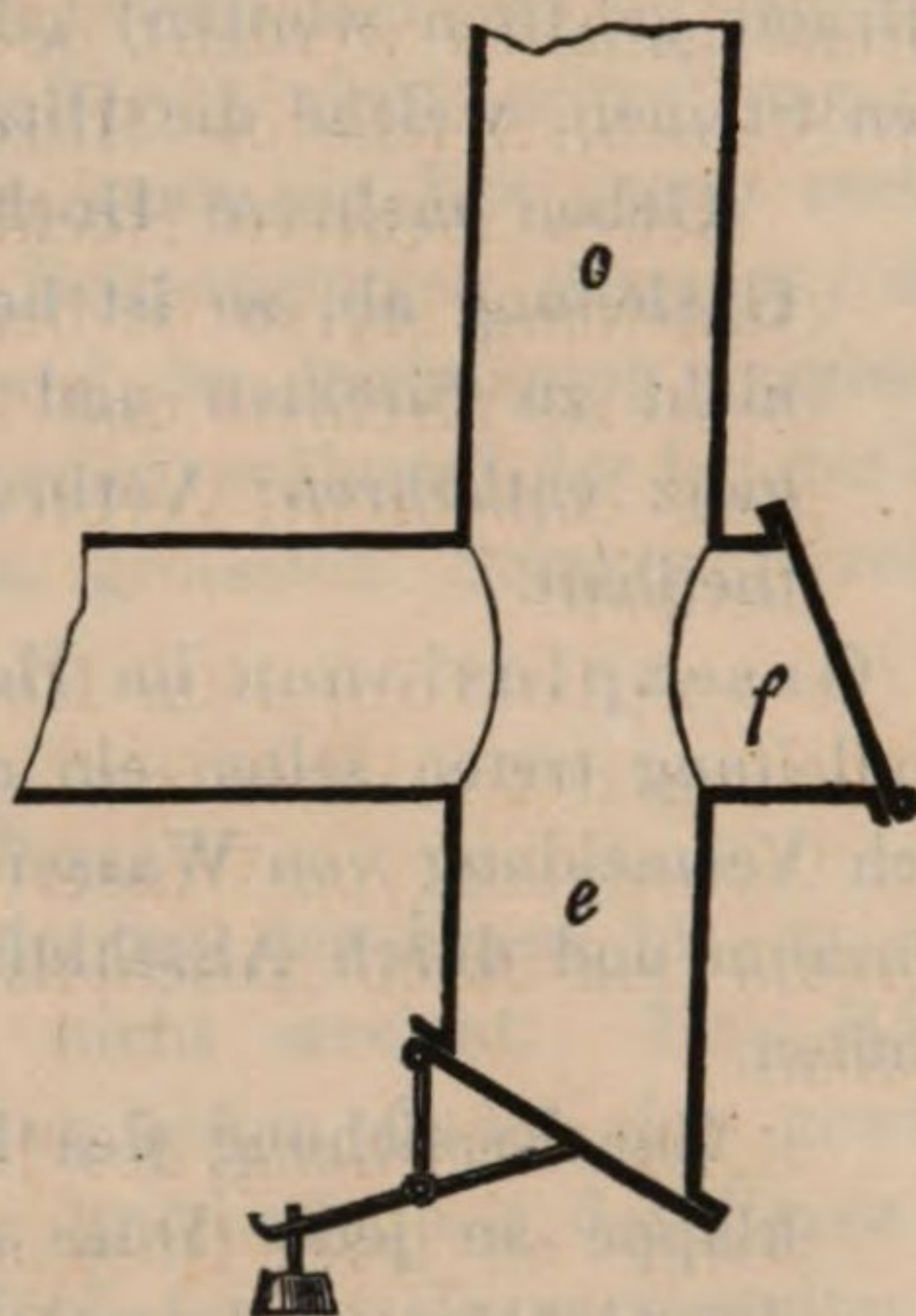
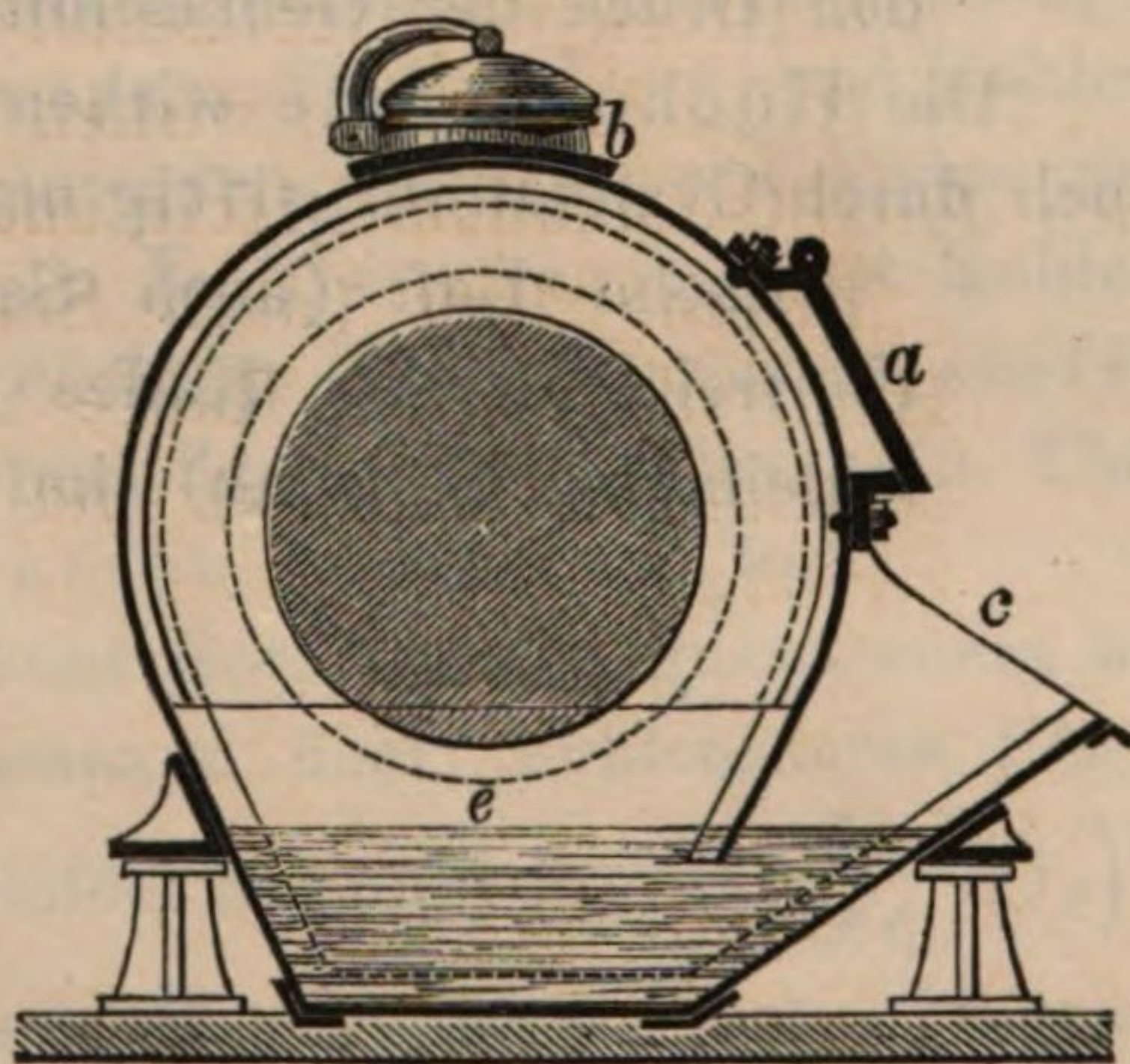


Fig. 83.



Die durch lange Leitung und behufs Condensation des Wasserdampfes abgekühlten Gase brennen zwar einmal angezündet fort, entzünden sich aber mit kalter Luft gemischt nicht von selbst. Um sie beim Wiederbeginn des Betriebes, z. B. nach dem Abstich, wieder selbstthätig anzuzünden, versieht man daher die Verbrennungsapparate mit Hilfsfeuerungen (Rosten, auf denen geringe Mengen Steinkohle u. s. w. stetig in Brand gehalten werden) oder Verbrennungskammern von feuerfesten Steinen, welche die Hitze auf längere Zeit aufspeichern.

Geben mehrere Hochöfen ihre Gase in eine gemeinschaftliche Gasleitung ab, so ist bei einem geordneten Betriebe ein Verlöschen nicht zu fürchten und in diesem Falle kann man der Hilfsroste ganz entbehren; Verbrennungskammern sind in jedem Falle vortheilhaft.

Gasexplosionen im Hochofen selbst oder durch Rückstau in der Windleitung treten selten ein und lassen sich durch geregelten Ofengang, durch Vermeidung von Wassereintritt aus den Kühlungen in den inneren Ofenraum und durch Abschluß der Düsen beim Stillstande des Gebläses verhüten.

Zur Erreichung des letzten Zweckes ordnet man eine Drosselklappe an jeder Düse an, welche vom Arbeiter beim Stillstande des Gebläses jedesmal geschlossen werden muß, oder besser ein selbstthätig nach innen aufklappendes Ventil, welches nur durch den Druck der Gebläseluft geschlossen gehalten wird.

Die Hochofengase wirken durch ihren Kohlenoxydgehalt, z. Th. auch durch Cyankalium giftig und leicht tödtlich auf den Organismus ein.

Frische Luft (auch Sauerstoffeinathmung), kalte Begießung, Hautreiz, starker Kaffee und Salmiakgeist (15—20 Tropfen in schleimigem Getränk) sind die wirksamsten Gegenmittel. ✓

Neunter Abschnitt.

Vorbereitung der Erze. *)

Die Erze werden z. Th. zwar in dem Zustande, in welchem sie der Bergmann oder der Erzgräber zur Hütte liefert in den Hochofen geschüttet, unterliegen aber gewöhnlich einer Vorbereitung, welche sich entweder nur auf eine Aenderung der Stückgröße (Zerkleinerung oder

*) Percy-Wedding, Eisenh. 2. Abth. S. 410 — 534.

Vergrößerung), sowie auf eine Auflockerung zu dichter Massen (Brennen und Verwitterung) erstreckt, oder aber eine Scheidung haltiger von unhaltigen, guter von nachtheiligen Bestandtheilen bezweckt (Aufbereitung, Auslaugung), oder endlich eine chemische Aenderung bewirken soll (Röstung).

Zuweilen wird allerdings für ein Eisenerz nur eine dieser Vorbereitungsarten benutzt, häufig finden jedoch mehrere derselben und dann in sehr verschiedener Reihenfolge, nicht selten sogar in mehrfacher Wiederholung statt. So kann ein Erz zuerst zerkleinert und dabei von nachtheiligen Beimengungen getrennt, dann geröstet, hierauf der Verwitterung und der Auslaugung ausgesetzt, schliesslich nochmals zerkleinert werden, während der bei der Zerkleinerung abfallende Erzstaub zu grösseren Stücken vereinigt wird.

I. Rösten.

Unter Rösten versteht man die Erhitzung des Erzes bis zu einer Temperatur, welche den Schmelzpunkt nicht erreicht. Das Rösten kann den Zweck einer bloßen Auflockerung haben, findet aber gewöhnlich seine Anwendung, um die chemische Beschaffenheit des Erzes und seiner Beimengungen günstiger für den Hochofenprozess zu gestalten.

Alle Erze verlieren durch Erhitzung das hygroskopische Wasser, Brauneisenerz und die mit den Eisenerzen verbundenen wasserhaltigen Erdarten (Thon, Gyps) das Hydratwasser, Spath-, Thon- und Kohleneisenerze, sowie die den Erzen beigemengten kohlensauren Erden und Metalloxyde (Kalk, Dolomit, Galmei) die Kohlensäure. Aus Kohlen- und einigen Rasen-Eisenerzen gehen flüchtige Kohlenwasserstoffe, aus höheren Schwefelungsstufen (Schwefelkies, Kupferkies) ein Theil Schwefel, aus Arsenkies Schwefelarsen dampfförmig fort.

In neutraler Röstatmosphäre bleibt Roth- und Magneteisenerz unverändert, Brauneisenerz geht in Eisenoxyd über, kohlensaures Eisenoxydul (Spath-, Thon-, Kohleneisenerz) bildet Eisenoxydoxydul ($\text{Fe}_4\{\text{O}_7\}^*$).

In oxydirender Röstatmosphäre geht Magneteisenerz sehr langsam, kohlensaures Eisenoxydul leichter in Oxyd über. In reduzierender Röstatmosphäre werden alle Oxyde je nach der Dichtigkeit mehr oder minder leicht in Oxydoxydul von der Zusammensetzung des in neutraler Atmosphäre gerösteten kohlensauren Eisenoxyduls übergeführt. Schwefelverbindungen bilden in oxydirender Röstatmosphäre neben schwefliger Säure und Metalloxyden mehr oder minder grosse Mengen schwefelsaurer Salze, von denen das des Eisens leicht, das des Kupfers

*) Vergl. Seite 11.

etwas schwieriger, das des Zinks kaum noch, das des Bleies gar nicht in Eisenerzrösttemperaturen zerlegbar ist; kohlensaurer Kalk wird hierbei in schwefelsauren Kalk übergeführt.

Wird beim Rösten Wasserdampf angewendet, so wirkt derselbe zwar zerlegend auf Schwefelmetalle ein, aber weniger energisch als atmosphärische Luft. Ist Kohlenstoff (natürlich im Kohleneisenstein oder als eingemengtes Brennmaterial) zugegen, so wird die Entschwefelung bei Gegenwart von Wasserdampf wesentlich beeinträchtigt.

Nach dem Rösten nehmen die Erze aus der Luft wieder Feuchtigkeit auf, deren Menge bei dichten Erzen ca. 2, bei porösen Erzen bis $6 \frac{0}{0}$ beträgt.

Die Röstung findet statt: In freien Haufen, welche die schlechteste Wärmeausnutzung geben und nur für Kohleneisensteine, die das nöthige Brennmaterial in sich enthalten, zu rechtfertigen sind, in Stadeln, welche eine bessere Wärmeausnutzung und sicherere Leitung der Röstung gestatten und für manche mulmige Erze passen, oder in Oefen, welche in allen Beziehungen als die vortheilhaftesten Apparate anzusehen sind.

1. Röstung in Haufen.

Kohleneisensteine werden zu Haufen von 1—3, seltener 5 Meter Höhe, 6—11 Meter Breite und 40—60 Meter Länge aufgestürzt. Sie brennen angezündet von selbst weiter und entwickeln die zur Röstung nöthige Temperatur. Die Zündung geschieht am Fusse durch brennende Kohlen oder glühende Eisensteinstücke, welche aus einem benachbarten Haufen entnommen werden.

550 Cub.-Meter brennen etwa 4 Wochen. — Je größer der Kohlengehalt der Eisensteine ist, um so niedriger muß der Haufen angelegt werden. Bei sehr kohlenreichen Erzen pflegt man den Haufen erst nach einiger Zeit zu erhöhen oder andere Eisenerze (z. B. Sphärosiderite) in demselben Haufen mit zu rösten. — Sind die Eisenerze zu kohlenarm, so röstet man sie besser in Oefen.

Andere Eisenerze müssen auf einer Brennmaterialunterlage (dem Röstbette, gewöhnlich Holz) zu Haufen aufgestürzt werden und noch einige Zwischenlagen von Brennstoffen (gewöhnlich Holzkohlenabfällen, oder Steinkohlenklein) erhalten. Auch hier findet die Zündung am Fusse statt.

Solche Erze sollten stets in Oefen geröstet werden.

2. Röstung in Stadeln.

Die Stadeln *) bestehen aus einem von vier Mauern eingefassten, gepflasterten Raume. Meist werden drei Mauern ganz aufgeführt, die vierte dagegen erhält ein Thor, welches beim Einfahren der Erze allmählig mit Eisenplatten oder Ziegeln zugesetzt wird.

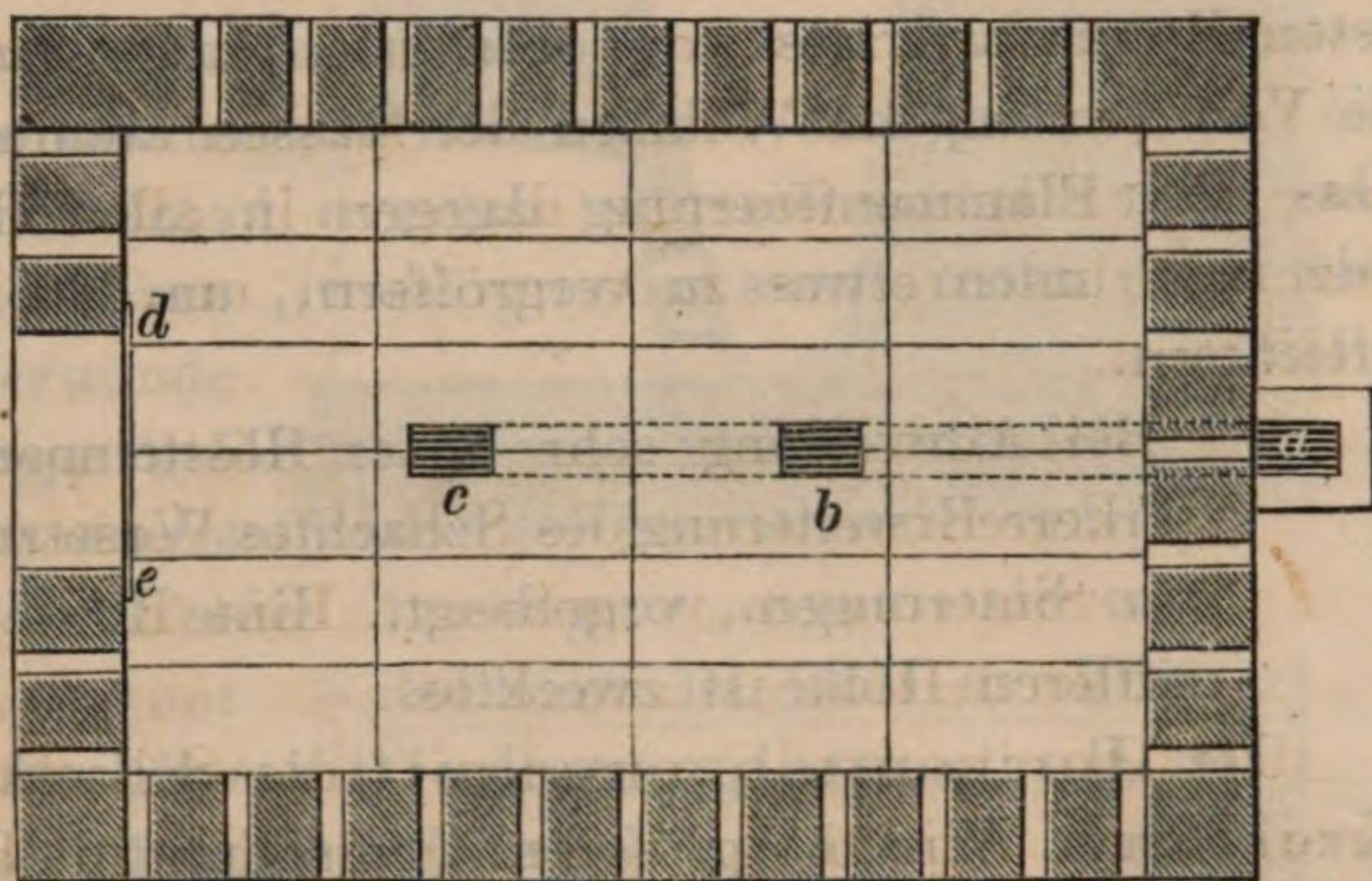
Die Mauern erhalten gewöhnlich 2—3,8 Meter Höhe, im Innern 6—7 Meter Länge und 4 Meter Breite.

In den Mauern und zuweilen in der Sohle befinden sich Luftzuführungsöffnungen.

Die Oeffnungen in den Wänden werden 16 Centimeter im Quadrat und in Entfernungen von 60 Centimeter von einander angelegt.

Fig. 84 stellt eine Röststadel im Grundrisse dar. Das Thor *de* ist mit Eisenplatten verschlossen, die Luft tritt durch die Außenwände, auch durch Roste *b* und *e*, welche in der Sohle angelegt sind und mit einem in *a* ausmündenden Canale in Verbindung stehen, in das Innere ein.

Fig. 84.



Erz und Brennmaterial (meist kleine Holzkohle und Reisig) werden in abwechselnden Schichten aufgestürzt.

Auf 1 Cub.-Meter Erz braucht man im Durchschnitt 50 Kilogr. Kohle.

Man wendet die Stadeln für mulmige und schwefelhaltige Erze an, von denen man fürchtet, daß sie in Oefen zu dicht liegen und nicht hinreichend oxydirt werden würden.

3. Röstung in Oefen.

In den Oefen, welche zur Röstung der Eisenerze bestimmt sind, wird entweder das zur Erhitzung nöthige Brennmaterial abwechselnd geschichtet mit dem Erze aufgegeben, oder es wird ein gasförmiges Brennmaterial zwischen den Erzen verbrannt, oder endlich nur die Flamme eines außerhalb des Ofens verbrennenden Brennstoffes zwischen

*) Vergl. Seite 42.

die Erze geleitet. In den beiden ersten Fällen gehören die Oefen stets zu den Schachtöfen, im letzten sind sie zuweilen liegende Flammöfen.

Die erste Art der Oefen ist die verbreitetste, weil ihr Betrieb am einfachsten ist und die Verwerthung von Brennmaterial-Abfällen zulässt, die dritte Art ist die unvollkommenste, weil die Wärme am schlechtesten ausgenutzt und im Falle der Anwendung liegender Flammöfen viel Handarbeit erforderlich wird; die Oefen, in denen Gase zwischen den Erzen verbrannt werden, sind die rationellsten, weil sie die vollkommenste Wärmeausnutzung und die beliebige Anwendung einer oxydirenden, neutralen oder reduzirenden Röstatmosphäre gestatten und mit den Oefen der dritten Art den Vortheil gemeinschaftlich haben, die zuweilen nachtheiligen Aschenbestandtheile des Brennmaterials von den Erzen getrennt halten zu können.

Die Weite des Schachtes ist bei Anwendung eingeschichteten festen Brennmaterials von oben nach unten zu verringern, weil durch die Verbrennung das Volumen der Massen abnimmt, bei Anwendung von Gas- oder Flammenfeuerung dagegen in allen Höhen gleich zu nehmen oder nach unten etwas zu vergrößern, um den Niedergang der Erze zu erleichtern.

Bei Anwendung sehr hoher Rösttemperaturen wird durch eine stärkere Erweiterung des Schachtes Versetzungen im Ofen, der Folge von Sinterungen, vorgebeugt. Eine Erweiterung des Ofens in der mittleren Höhe ist zwecklos.

Der Horizontalquerschnitt des Schachtes erhält am besten die Kreisform. Wird bei größerem Querschnitt die Beschickung zu schwierig und will man keine mechanische Aufgebevorrichtung anwenden, so wählt man die oblonge Form.

Die Höhe der Röstöfen schwankt zwischen 2 und 15 Meter und liegt gewöhnlich zwischen 3 und 6 Meter. Die Weite an der Gicht liegt meist in den Gränzen von 2 und 5 Meter.

Der innere Raum des Ofens wird von feuerfesten Steinen (dem Kernschachte) umgeben. Der Kernschacht wird gestützt durch den aus gewöhnlichen Ziegeln oder Bruchsteinen, seltner aus Eisen, gebildeten Rauhschacht, welcher am unteren Theil die nöthigen Zugänge zum Ziehen des Erzes frei lässt.

Bei Oefen mit eingeschichtetem oder gasförmigem Brennmaterial dienen die Ziehöffnungen theils gleichzeitig zum Eintritt der Verbrennungsluft, theils werden für letztere besondere Oeffnungen angebracht. Bei den Oefen mit gasförmigem Brennmaterial oder mit Flammenfeuerung befinden sich über den Ziehöffnungen die Eintrittsöffnungen für die Gase oder die Flammen. Der untere Theil des Ofens dient zweckmäßiger Weise zum Abkühlen der Erze, was bei Gasöfen mit der Vorwärmung der Verbrennungsluft verknüpft sein kann.

Der oxydirende Einfluß der sich vorwärmenden Luft in dem Kühlraum ist bei schwefelhaltigen Erzen sehr erwünscht.

Höhere Theile des Schachtmauerwerkes pflegt man zuweilen durch Schauöffnungen und durch Störräume zu unterbrechen, deren erstere zur Beobachtung der Temperatur, deren letztere zur Zerstörung gesinterter und sich festklemmender Erzmassen dienen.

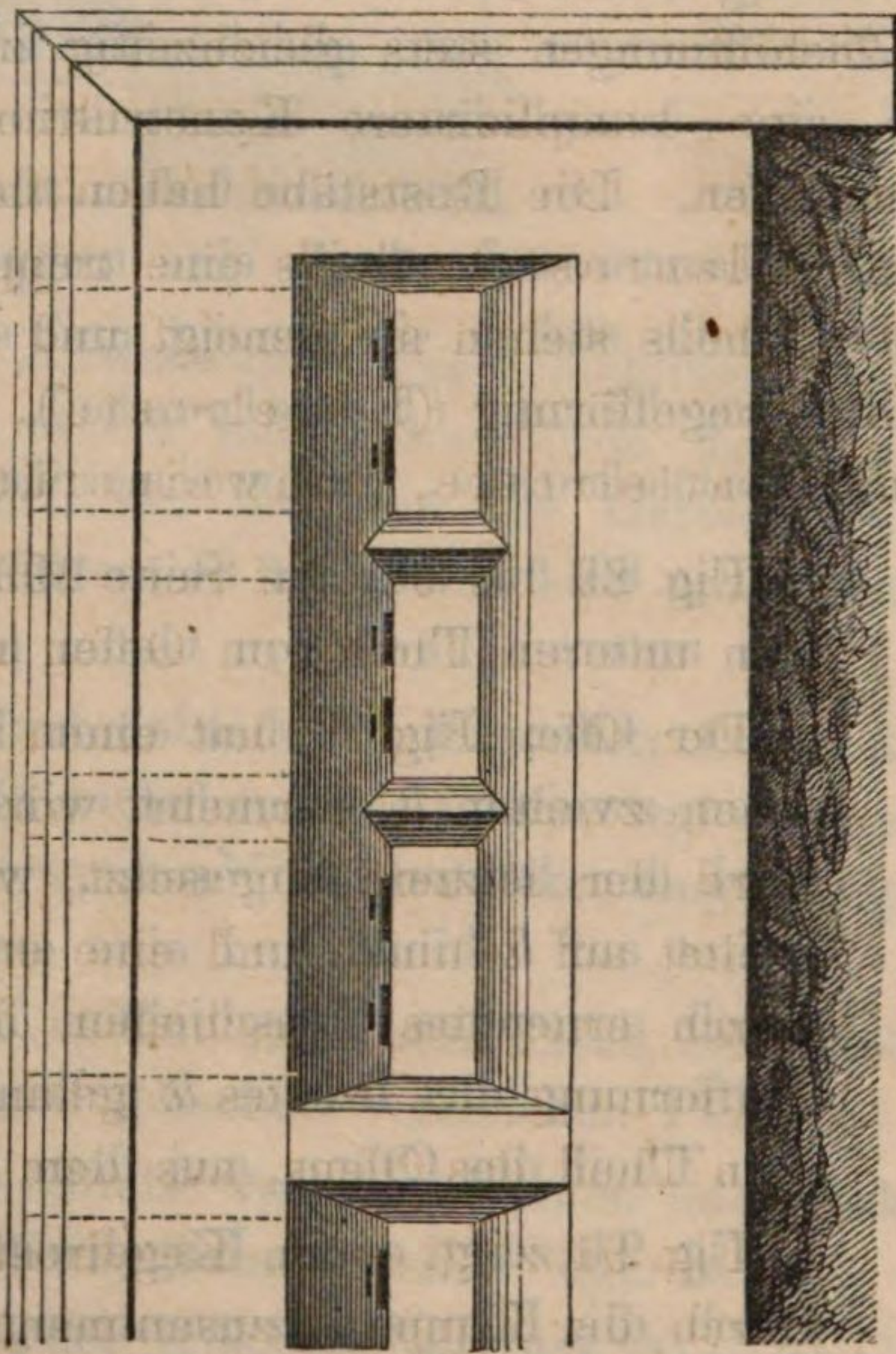
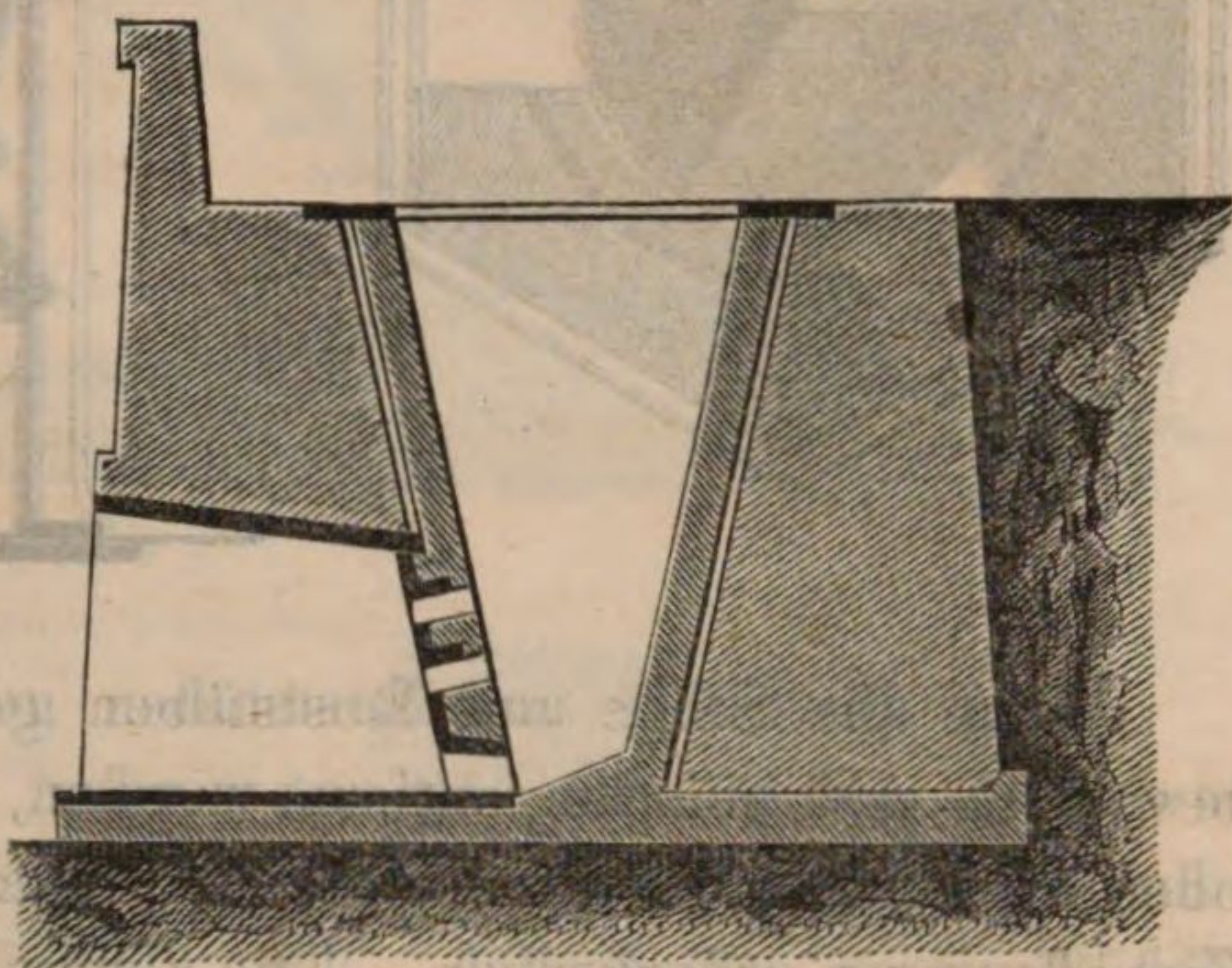
Die Sohle der Schachtröstöfen ist theils massiv, theils rostartig durchbrochen, in seltenen Fällen gar nicht vorhanden.

Fig. 85 stellt einen oblongen Röstofen mit fester einseitig geneigter Sohle im Vertikalquerschnitte, Fig. 86 denselben in oberer Ansicht dar. Er ist mit seiner Rückwand gegen den gewachsenen Boden angelehnt. Der Schacht erweitert sich nach oben und ist durch Querwände in Hauptabtheilungen getheilt, deren jede durch niedrige Sättel in drei Unterabtheilungen getrennt wird. Jede kleinere Abtheilung hat zwei Ziehöffnungen und darüber liegende Störräume.

Fig. 87 auf Seite 108 zeigt einen freistehenden Röstofen mit kreisförmigem Schachtquerschnitte nach einem durch die Ziehöffnungen gelegten Horizontalschnitte. Die feste Sohle ist dreiseitig prismatisch, um jeder Ziehöffnung das Röstgut in gleicher Menge zuzuführen.

Fig. 88 auf Seite 108 zeigt den Vertikalschnitt durch einen Ofen ohne jede Sohle. Der konische Kernschacht ist abweichend von den Oefen Fig. 85 bis 87 nicht

Fig. 85 und 86.



aus Mauerwerk, sondern aus Eisenblech hergestellt und wird von eisernen Stützen getragen.

Fig. 87.

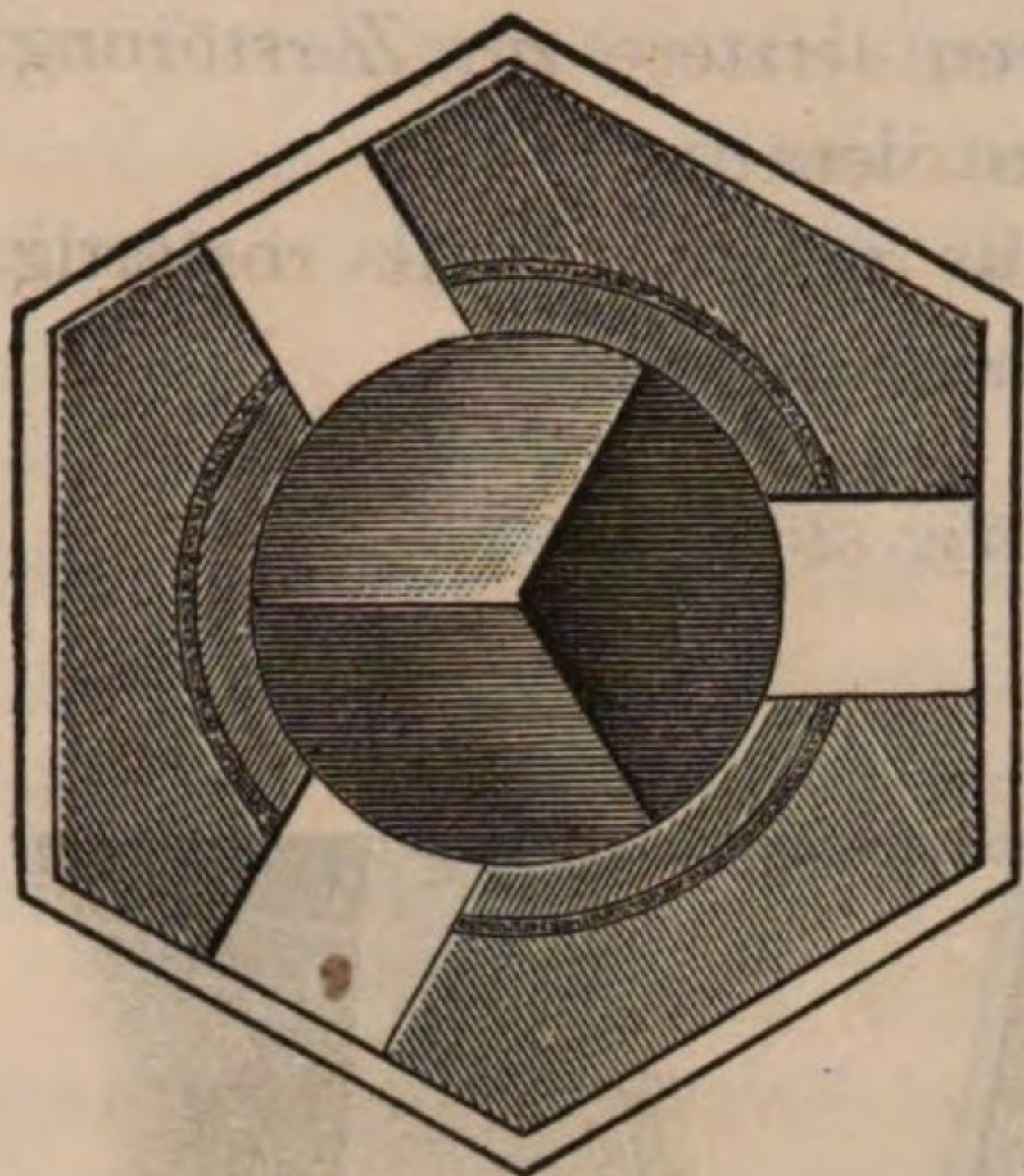
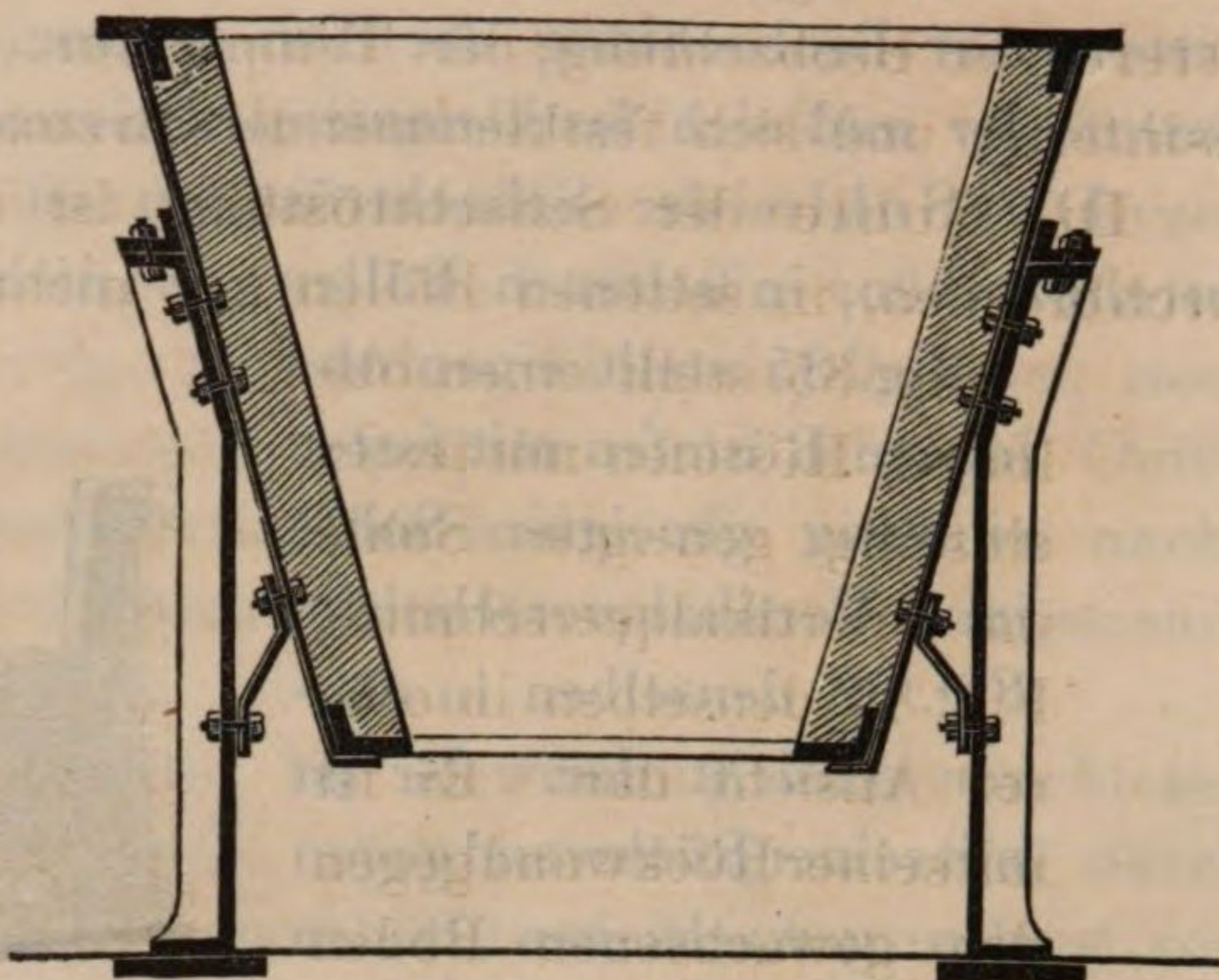


Fig. 88.



Wird die Sohle aus Roststäben gebildet, so sind letztere entweder beweglich und müssen entfernt werden, um das geröstete Erz zu ziehen, oder sie liegen beständig fest und machen dann die Anlage besonderer Ziehöffnungen erforderlich. Die Oefen mit Roste gestatten eine bessere Regulirung des Luftzutrittes, als die Oefen mit fester Sohle, bei denen die Ziehöffnungen stets gleichzeitig zur Luftzuführung dienen, besitzen aber eine komplizirtere Konstruktion und sind stärkerer Abnutzung unterworfen. Die Roststäbe haben theils eine horizontale Lage in einer Ebene (Planroste), theils eine treppenförmige Anordnung (Treppenroste), theils stehen sie geneigt und sind dann bei kreisförmigem Querschnitte kegelförmig (Kegelroste), bei oblongem Querschnitte dachförmig (Sattelroste, Schweinerücken) zusammengestellt.

Fig. 89 bis 91, auf Seite 109, zeigen Vertikalquerschnitte durch den unteren Theil von Oefen mit Rosten.

Der Ofen Fig. 89 hat einen Planrost *a*, welcher zeitweis durch einen zweiten *b* vermehrt wird. Soll Erz gezogen werden, so wird der letztere eingesetzt, wogegen *a* entfernt wird. Das Erz gleitet auf *b* hinab und eine entsprechende Menge desselben wird durch erneuetes Einschieben des Rostes *a* abgeschnitten. Nach Entfernung des Rostes *b* gelangt das geröstete Erz in den untersten Theil des Ofens, aus dem es durch Kratzen ausgezogen wird.

Fig. 91 zeigt einen Kegelrost. Die geneigten Roststäbe werden durch die Kappe *a* zusammengehalten. Der Ofen ist freistehend gebaut und mit drei gleichmäÙig vertheilten, besonderen Ziehöffnungen versehen.

Der Ofen Fig. 90 ist mit Treppenrosten (aa) versehen, welche eine Fortsetzung der unteren Ofenwandungen bilden, während sich darunter noch eine getrennte (hier nicht durchbrochene) dachförmige Sohle befindet, welche das Erz zu den beiden Ausziehöffnungen vertheilt.

Alle diese Oefen (Fig. 89 bis 91) sind für die Benutzung von eingeschichtetem Brennmaterial berechnet.

Fig. 89.

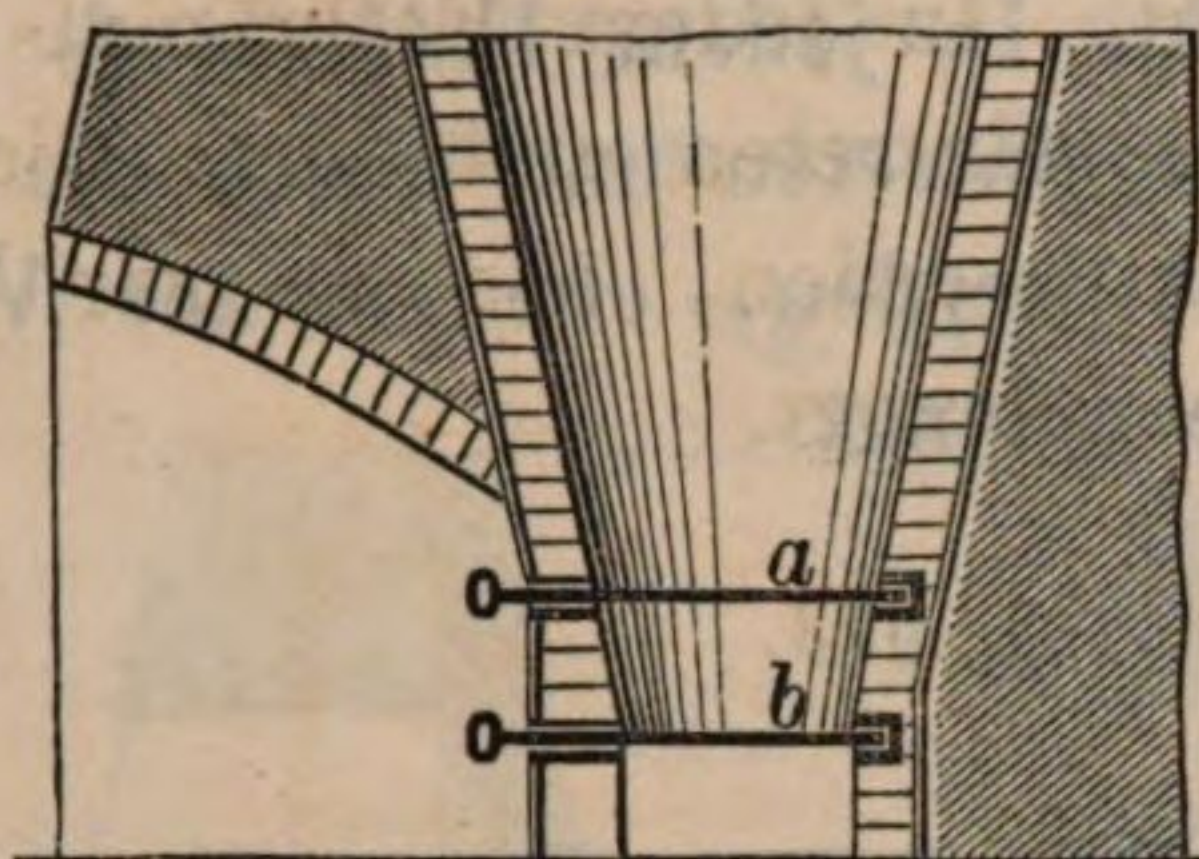


Fig. 90.

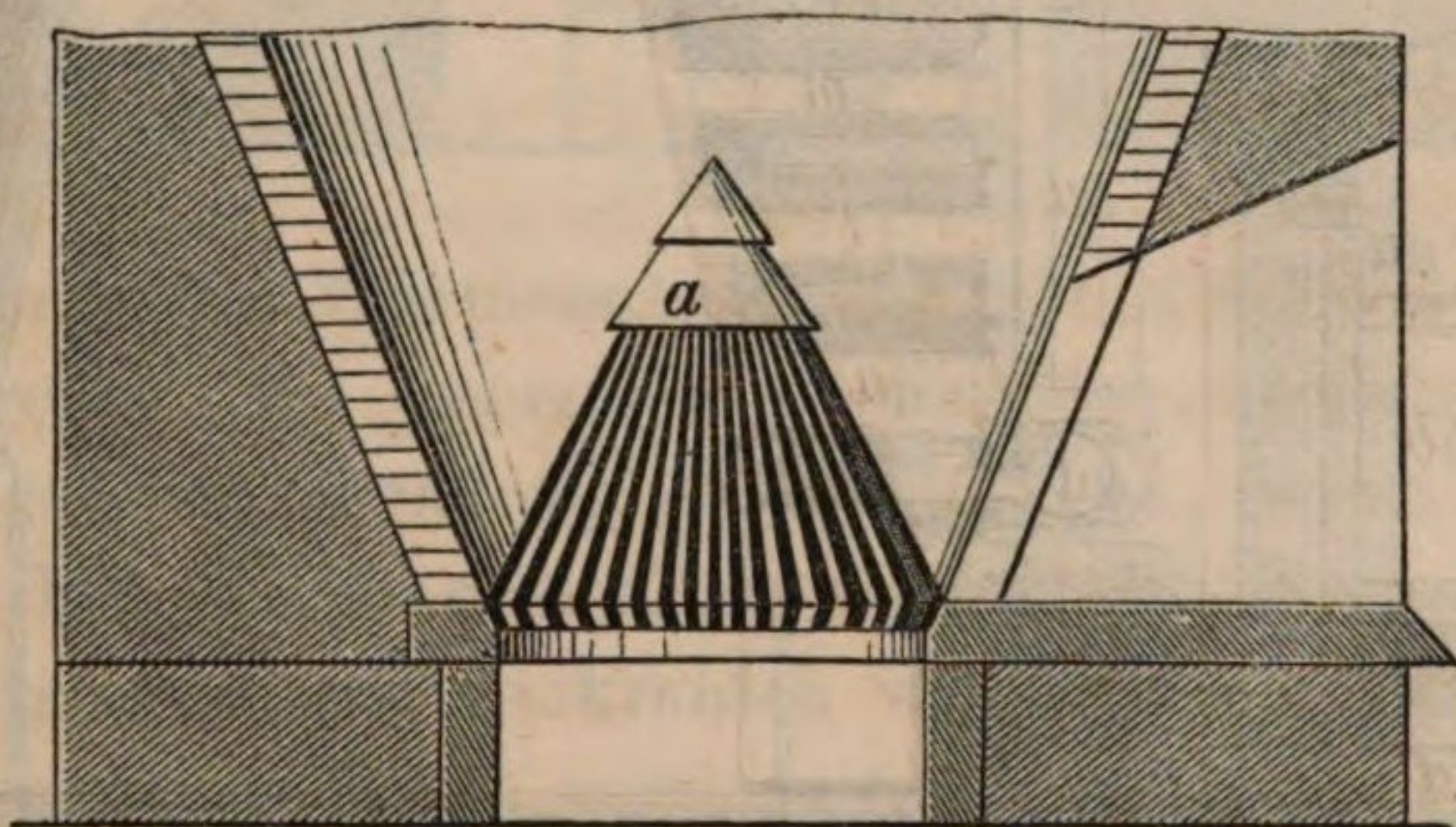
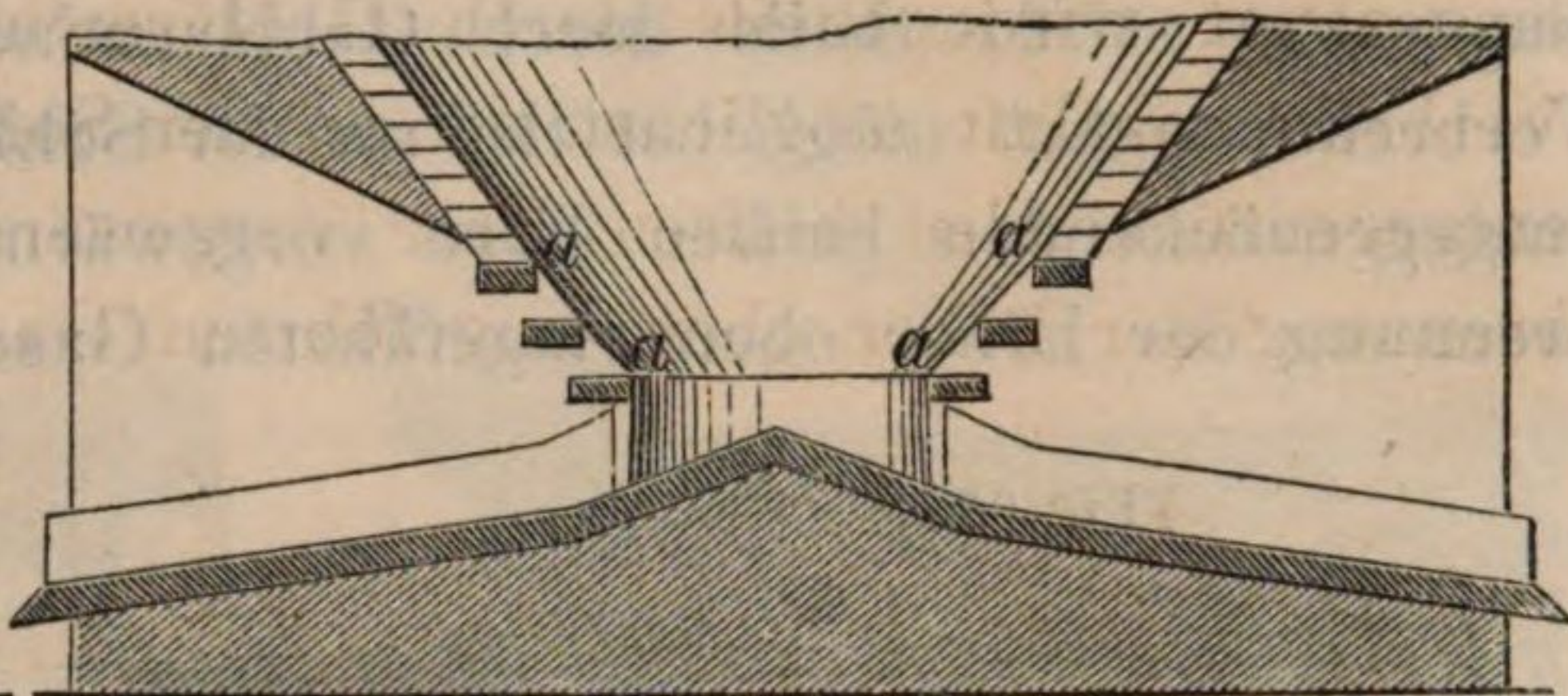


Fig. 91.

Im Allgemeinen werden bei Anwendung eingeschichteten festen Brennmaterials in der Praxis die Oefen mit fester Sohle denen mit Rosten vorgezogen. Will man einen der letzteren zur Herbeiführung eines geregelteren Luftzutritts anwenden, so empfiehlt sich am meisten die Benutzung der Treppenroste.

Um bei sehr schwefelhaltigen und dabei dicht liegenden Erzen den Luftzutritt während des Röstens noch mehr zu verstärken, legt man zuweilen einen durchbrochenen Schacht in der Mitte des dann ringförmigen Röstraumes an.

Oefen letzterer Art werden z. Th. ganz aus Eisen hergestellt, und zwar aus ringförmigen, mit Füßchen versehenen Platten.

Als Brennmaterial benutzt man Abfälle von Holzkohlen oder Koks, Zünder von Flammöfen, Steinkohlenklein, Tannzapfen u. dgl. m.

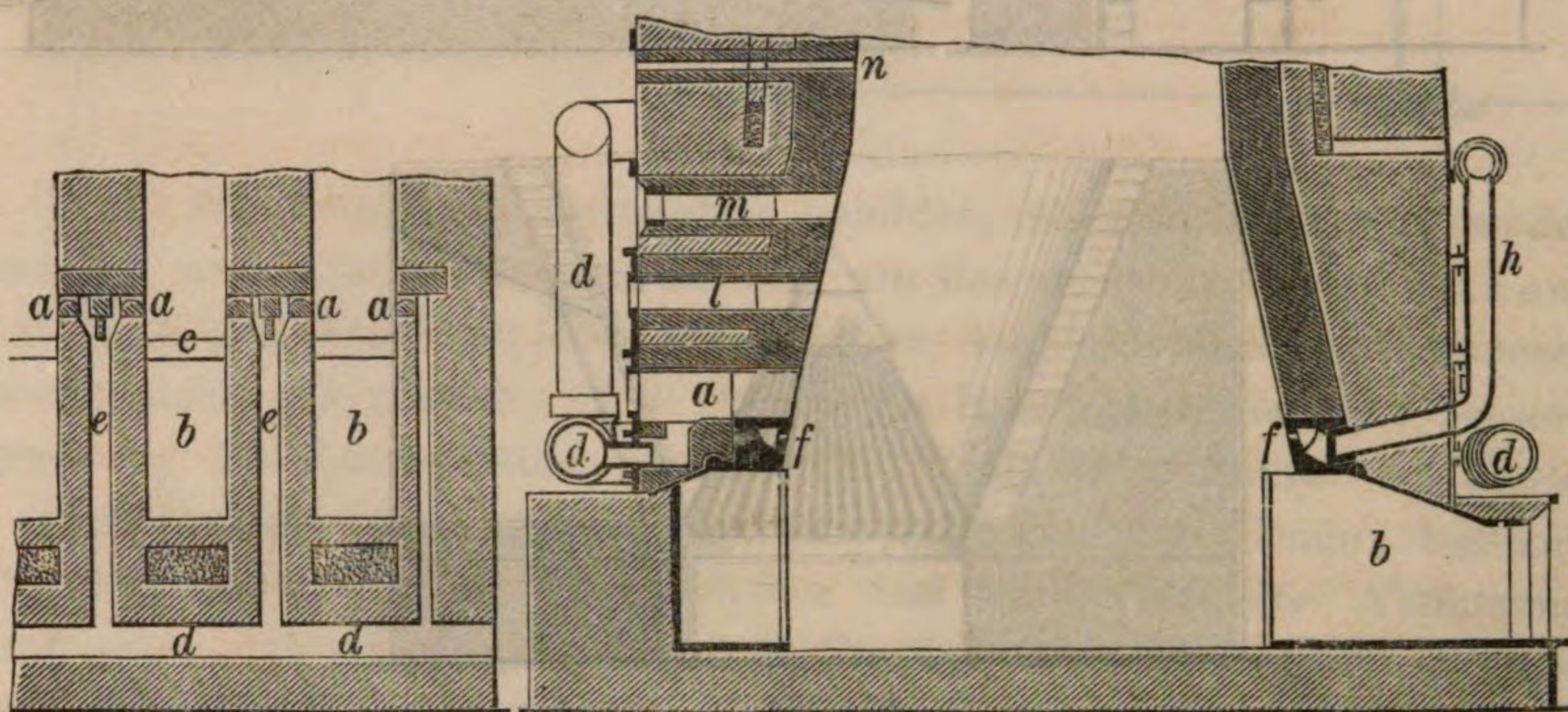
1 Gewichtsth. Holzkohlen- oder Kokslösche trägt 20—30 Gewichtsth. Erz, 1 Gewichtsth. Steinkohlenklein, 5—10 Gewichtsth. Erz.

Bei Anwendung von Gasfeuerung wird die Sohle des Ofens ebenfalls entweder fest oder rostförmig durchbrochen hergestellt und im letzteren Falle wird das Erz meist nach Entfernung aller oder einzelner Roststäbe gezogen. Die Gase werden selten in besonderen Generatoren erzeugt, sondern meist als verlorene Gase (Gichtgase) vom Hochofen entnommen.

Man verbrennt die Gase theils durch atmosphärische Luft, welche vermöge des entstehenden Zuges durch die Roste oder die Ziehöffnungen eingesaugt wird, theils durch Gebläsewind. In jedem Falle muß die Verbrennungsluft möglichst tief an der Sohle eintreten und durch die ihr entgegenrückenden heißen Erze vorgewärmt werden, ehe sie zur Verbrennung der höher oben eingeführten Gase gelangt.

Fig. 92.

Fig. 93.



In Fig. 92 sind Oefen von oblongem Horizontalquerschnitte im vertikalen Durchschnitte dargestellt. Bei *c* liegen Roste, nach deren Entfernung das geröstete Erz in die Kühlräume *b* gelangt. Die Gase vertheilen sich aus dem gemeinschaftlichen Canale *d* in die in den Zwischenwänden der Oefen befindlichen Vertikalzüge *e* und gelangen durch die Schlitz *a* in die Ofenräume, während die Verbrennungsluft von *b* aus durch den Rost angesogen wird.

Fig. 93 zeigt einen mit Gebläsewind betriebenen Gasröstofen. (Westman'schen Ofen). Hier sind die Ziehöffnungen *b* für gewöhnlich verschlossen. Die Gase strömen aus dem Rohre *d* durch die Oeffnungen *a* in den Ofen und werden durch den aus *h* in den ringförmigen eisernen Canal *f* und von dort durch kleine Düsen in den Ofenraum gelangenden Gebläsewind verbrannt.

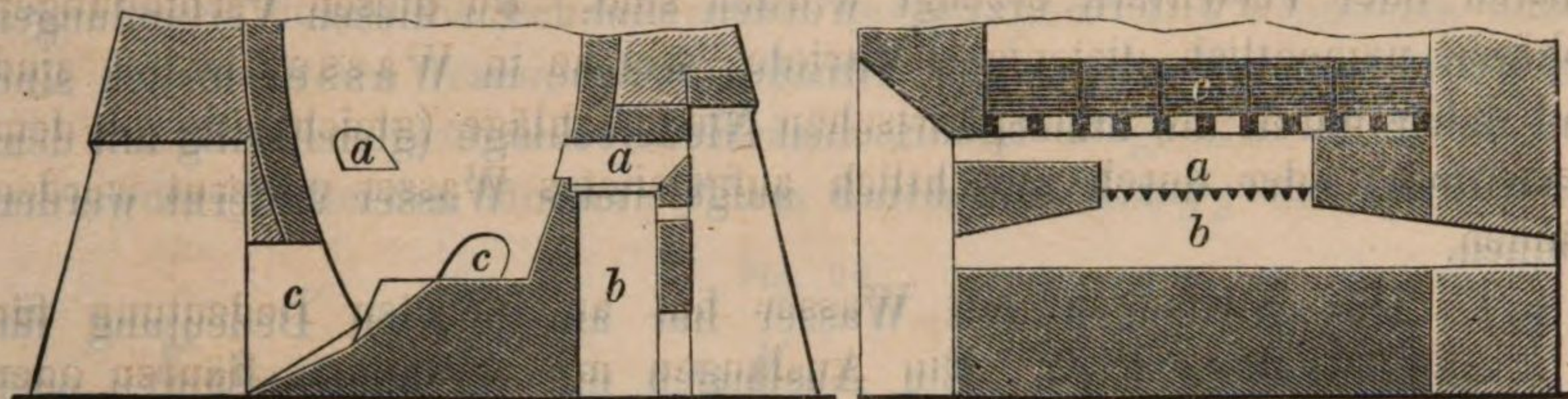
Die Anwendung der Gebläseluft zur Verbrennung der Gase gestattet eine genaue Regulirung des Sauerstoffquantums und ist daher stets vortheilhafter als die Benutzung der Zugluft.

Oefen mit Flammenfeuerung werden nur noch selten benutzt. Bei Schachtöfen dieser Art wird das Brennmaterial auf Rosten verbrannt, welche entweder rings um den Ofen vertheilt sind, oder in dessen Centrum liegen.

Fig. 94 stellt den untersten Theil eines Ofens mit seitlichen Rosten (*a*) dar; *c* bedeutet die Ausziehöffnungen, *b* den Aschenfall. Der Ofen Fig. 95 hat centrale Flammenfeuerung, auch hier ist *a* der Rost, *b* der Aschenfall, *c* dagegen ein rostförmiges Dach (Schweinerücken), welches die Feuerung vor dem Erze schützt und letzteres zu den Ausziehöffnungen leitet.

Fig. 94.

Fig. 95.



Noch schlechtere Wärmeausnutzung als die Schachtöfen mit Flammenfeuerung geben die liegenden Flammöfen, welche nur für pulverförmige Erze dann Anwendung finden können, wenn das Material sehr werthvoll ist. Die Flamme streicht hierbei nur über die Oberfläche der Erze, welche daher durch Umkrahlen stets erneuert werden muß.

Eine geneigte Sohle verringert die Handarbeit, wegen des selbstthätigen Hinabgleitens der Erze.

Gefäßöfen (Muffelöfen), bei welchen die Flamme des Brennmaterials nicht in Berührung mit dem Erze tritt, sind für Eisensteine weder erforderlich, noch auch anwendbar wegen zu großer Kostspieligkeit in Bezug auf Anlage und Betrieb.

Die aus Röstöfen entweichenden Gase bestehen aus Wasserdampf, Kohlensäure und Kohlenoxyd, welche bei schwefelhaltigen Erzen auch mit schwefliger Säure, Schwefelsäure und Schwefeldampf, bei arsenhaltigen Erzen mit arseniger Säure gemengt sind. Die Röstgase lassen sich nicht weiter verwerthen, wirken aber auch wenig schädlich.

Eine Vertheilung durch einen 6,3 — 9,5 Meter hohen Rauchfang ist meist ausreichend, um jede Einwirkung auf Vegetation und Gesundheit zu verhindern.

Gegen den beim Ziehen entstehenden Erzstaub, welcher chemisch durch seine schwefelsauren Salze und mechanisch durch Porenverstopfung nachtheilig auf die Vegetation einwirken kann, schützen Vorbaue vor den Ziehöffnungen.

II. Verwittern und Auslaugen der Erze.

Durch Verwittern (Ausfrieren) werden die Erze mechanisch aufgelockert und Schwefelmetalle werden zu Vitriolen oxydirt.

Höhere Oxydation des Eisenoxyduls und Oxydoxyduls, sowie Verlust von Kohlensäure findet nur in sehr beschränktem Mafse statt. — Das Verwittern findet seine ausgedehnteste Anwendung behufs Trennung unhaltiger Schalen von eisenreichen Kernen bei Sphärosideriten.

Das Auslaugen beruht auf der Lösung einzelner Verbindungen, welche entweder im Erze fertig gebildet vorkommen, oder aber durch Rösten oder Verwittern erzeugt worden sind. Zu diesen Verbindungen gehören namentlich diejenigen Vitriole, welche in Wasser löslich sind und daher durch die atmosphärischen Niederschläge (gleichzeitig mit dem Verwittern) oder durch absichtlich aufgeleitetes Wasser entfernt werden können.

Das Auslaugen mit Wasser hat am meisten Bedeutung für kupferhaltige Erze. Ein Auslaugen mit verdünnten Säuren oder kochsalzhaltigem Wasser, namentlich zur Entfernung von phosphorsauren Salzen (phosphorsaurem Kalk und Eisenoxyd) ist bisher nur versuchsweise in Anwendung gekommen.

III. Mechanische Aufbereitung der Erze.

Die mechanische Aufbereitung der Eisenerze bezieht sich theils auf eine Trennung haltiger und unhaltiger Theile durch Waschen, theils auf eine Zerkleinerung zu gröfser, selten auf ein Zusammenbacken zu kleiner Stücke.

Aufbereitungsarbeiten der verschiedensten Art (Setzarbeit, Magnete), welche zur Gewinnung anderer Erze angewendet werden, liefern zuweilen als Nebenprodukt Eisenerz.

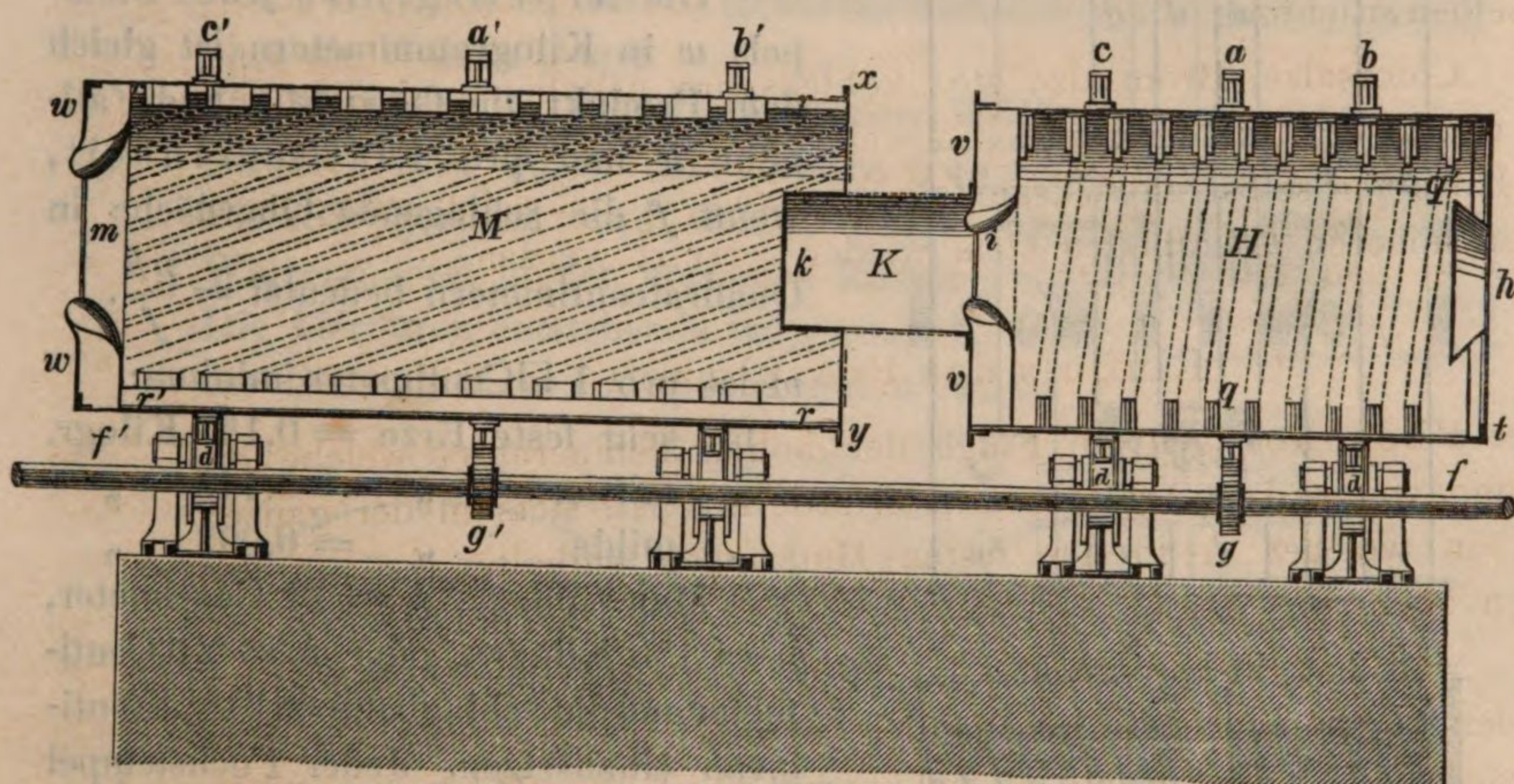
Das Waschen wird für Bohn- und Nierenerze angewendet, deren eisenreiche Theile durch lehmige, kalkige oder sandige Bindemittel verkittet sind. Es geschieht theils mit der Hand in Gräben (von 0,63 Meter Breite, 2,5—3,8 Meter Länge und einer Neigung von 10^0) oder in Schwenksieben, theils mechanisch in rotirenden Waschtrommeln.

Nur die letztere Art ist für einen umfangreicheren Betrieb geeignet. Es wird hierbei das Erz zuvörderst in einem Troge durch eine Rührvorrichtung mit Wasser gemengt und geht von dort in die Vorwasch- (Rauhasch-) Trommel, welche mit spiralförmig angeordneten Schaufeln versehen ist und in welcher das Bindemittel von den Erzkörnern getrennt und in Schlammform übergeführt wird. In einer zweiten Trommel, der Fertigwasch- (Tratsch-) Trommel, wird dann das vom

Schlamm abgeseibte Erz durch einen ihm entgegengeführten Strom klaren Wassers völlig gereinigt.

In Fig. 96 ist *H* die Vorwasch-, *M* die Fertigwasch-Trommel. Das mit Wasser angerührte Erz gelangt durch *h* in die erstere, und wird von den spiralförmig gestellten Schaufeln *q* allmählig unter fortwährender Reibung bis an's Ende *vv* geführt, dort durch die vollen Schaufeln *i* in den Siebcylinder *K* gehoben, aus welchem es, vom abfließenden Schlamm getrennt, durch *k* in die Fertigwaschtrommel gelangt. Während seiner Fortbewegung nach *m* wird es durch den ihm entgegenfließenden Wasserstrom gereinigt. Der Schlamm fließt durch den Siebboden *xy* ab, das reine Erz wird durch die Schaufeln *ww* ausgetragen. Die Trommeln haben keine festen Axen, sondern laufen mit glatten Kränzen *cc' bb'* auf Leitrollen, während die Kränze *a* und *a'* gezahnt sind und von der Welle des Motors *ff'* aus durch Getriebe *gg'* bewegt werden.

Fig. 96.



In Waschtrommeln von 1,5 Meter Durchmesser kann man 30 Cub.-Meter Erz pro Tag, mit 0,93 Cub.-Meter Wasser pro Minute verwaschen. Die Vorrichtung erfordert bei 8 Umdrehungen pro Minute einen Motor von 15 Pferdekraft.

Die Zerkleinerung*) der Eisenerze findet, wenn eine Scheidung damit verknüpft sein soll (z. B. bei kupferkies- oder bleiglanzhaltigen Erzen), durch Handarbeit, im Uebrigen durch mechanische Mittel: Pochwerke, Walzwerke oder Quetschen, statt.

Die Handarbeit liefert den geringsten Abfall an Staub und die gleichmäßigsten Stücke, ist aber am theuersten. Das Pochen ist am unvor-

*) Rittinger, Aufbereitungskunde S. 19 u. f.

theilhaftesten in Bezug auf Ungleichheit der erfolgenden Stücke, das Walzen giebt den stärksten Abfall an Staub, das Quetschen wirkt von den mechanischen Mitteln zur Zerkleinerung am günstigsten.

Eisensteinpochwerke bestehen aus hölzernen Stempeln mit gußeisernen (gehärteten) Köpfen und einer eisernen Gittersohle, deren Zwischenräume die Stückgröße bedingen.

Fig. 97.

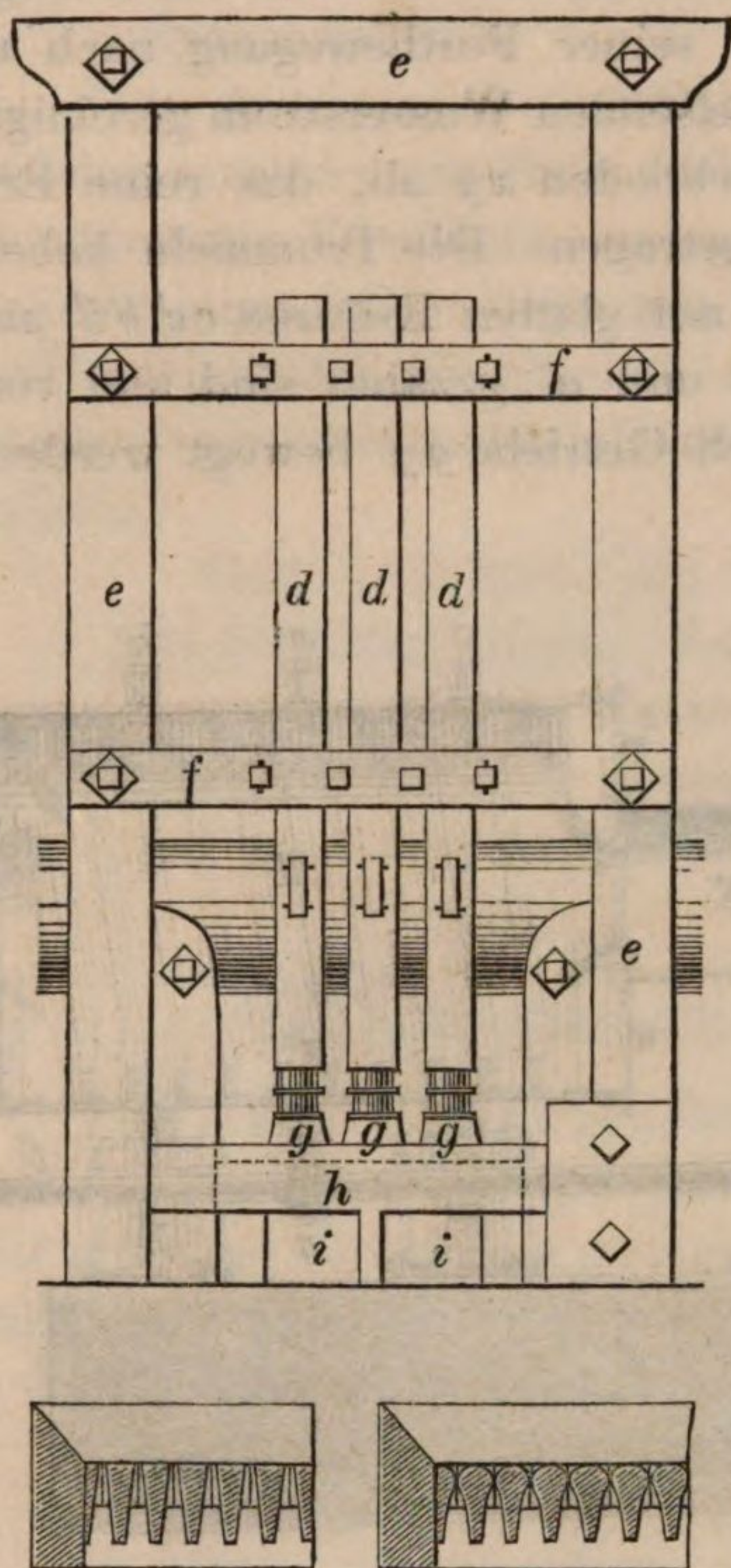


Fig. 98.

Fig. 99.

Die Pochstempel *dd*, Fig. 97, werden durch die am Gerüst *ee* befestigten Leitungen *f* geführt. Sie werden vermittelst einiger Daumen, welche an der Welle des Motors befestigt sind, gehoben und wirken durch ihre Schwere beim freien Falle. Die Gittersohle *h* hat die Form der Fig. 98 oder besser die der Fig. 99. Die zerkleinerten Erzstücke fallen in die Räume *ii*.

Die Arbeitsgröße jedes Stempels *w* in Kilogrammetern ist gleich dem Produkt aus Gewicht *p* und Fallhöhe *h* und pro Flächeneinheit, wenn *f* die schlagende Oberfläche in Quadratcentimetern bedeutet $= \frac{p \cdot h}{f}$.

w ist pro 1 □Centimeter minime:

für sehr feste Erze = 0,137 Kilogr.

„ mittlere „ = 0,115 „

„ milde „ = 0,092 „

Man pflegt *h* = 21 Centimeter, *p* = 150 Kilogr., oder *h* = 21 Centimeter und die Schlagbahn = 246 □Centimeter einzusetzen. Jeder Pochstempel macht 60 Hübe in der Minute. Die Zwischenräume der Pochsohle erhalten 13 — 20 Millimeter Weite.

Eisenerzwalzwerke bestehen aus einem, seltener aus zwei Paaren sich gegen einander drehender, horizontal gelagerter, eiserner Walzen mit glatter oder geriefter Oberfläche.

Die Walzen werden aus Spindel und Mantel (letzterer aus Hartguß bestehend) zusammengesetzt; sie erhalten 0,47 — 0,71 Meter Dtr., bis 0,94 Meter Länge und 0,3 bis 0,94 Meter Peripheriegeschwindigkeit.

Um bei unvorhergesehenem Eintritte zu harter Theile (Quarz, Eisenstücke u. dgl.) einen Bruch der Walzen zu verhüten, werden nur die

Lager einer Walze unverrückbar festgelegt, die der anderen dagegen durch beschwerte Hebel, durch Buffer oder andere Federn gestützt.

Fig. 100 zeigt ein zweipaariges Walzwerk. Die Oberwalzen sind stark gerieft und weit gestellt, die Unterwalzen schwach gerieft und eng gestellt. Die Lager der linken Walzen werden durch belastete Hebel gestützt, während Fig. 101 die Anwendung von Bufferfedern für denselben Zweck veranschaulicht.

Ein Erzstück K , welches die Walzen C und C' , Fig. 102, in der Horizontalen WW' berührt, wird durch die Schwere Q nach abwärts gezogen und drückt gegen die Walzenmäntel in der normalen Richtung n . Die hierdurch entstehende tangential Kraft der Reibung H und H' bei a und a' wirkt

Fig. 100.

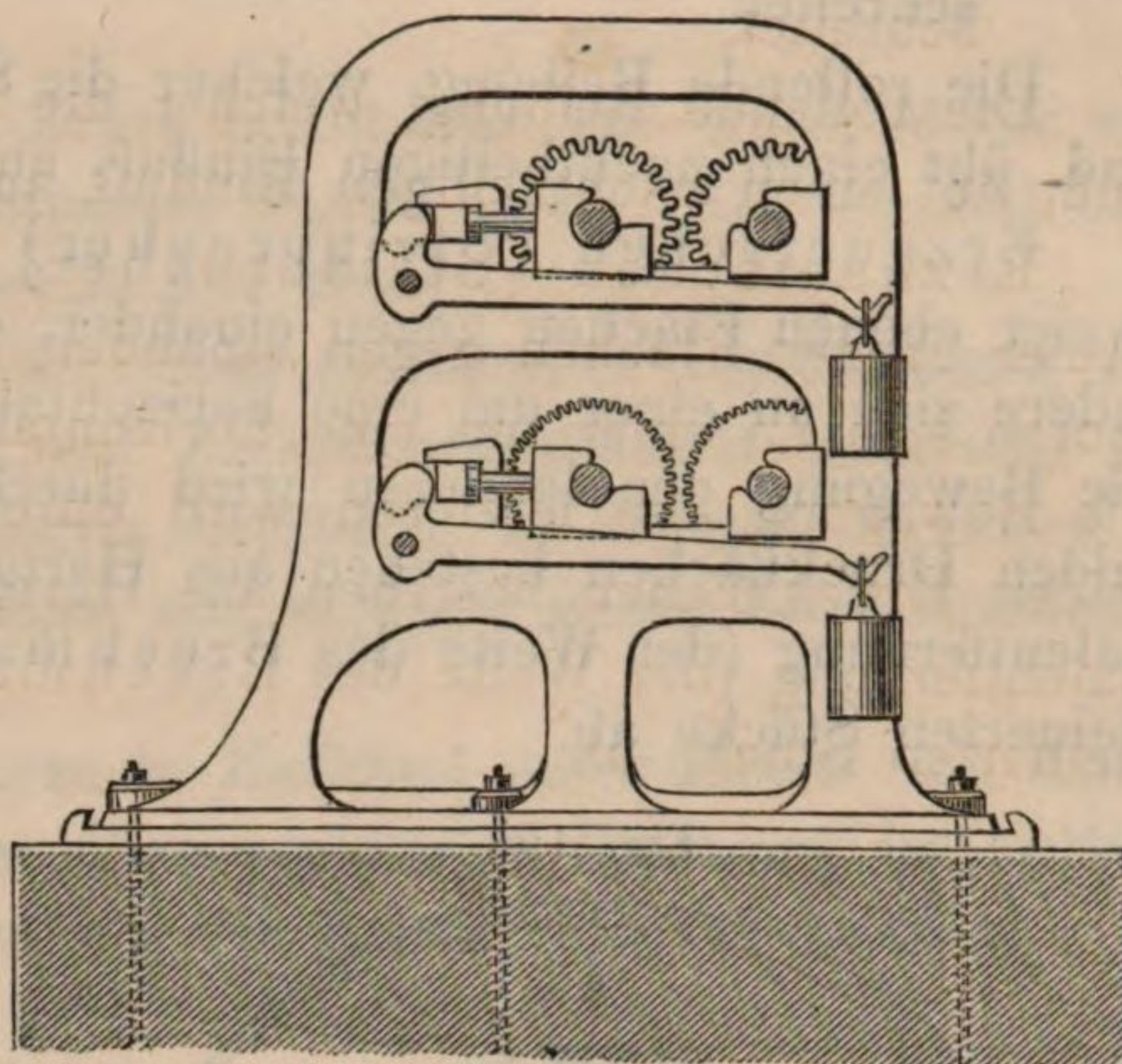


Fig. 101.

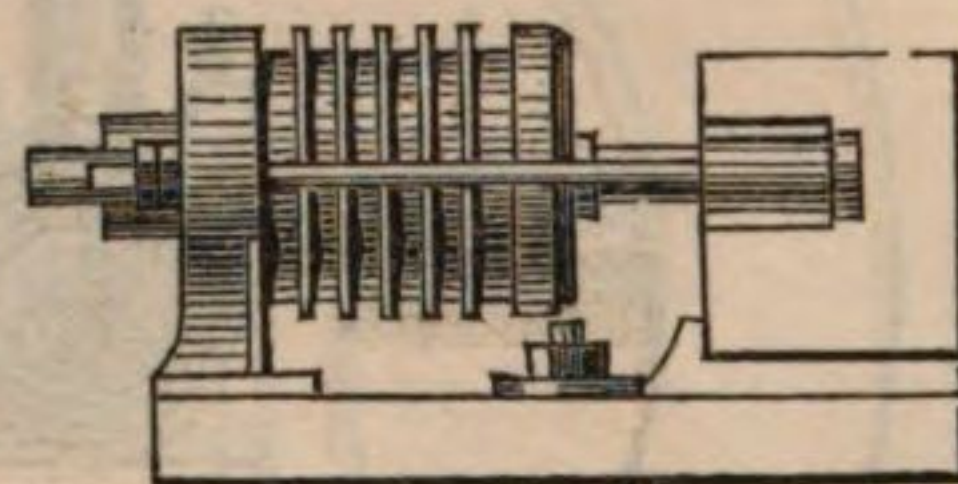
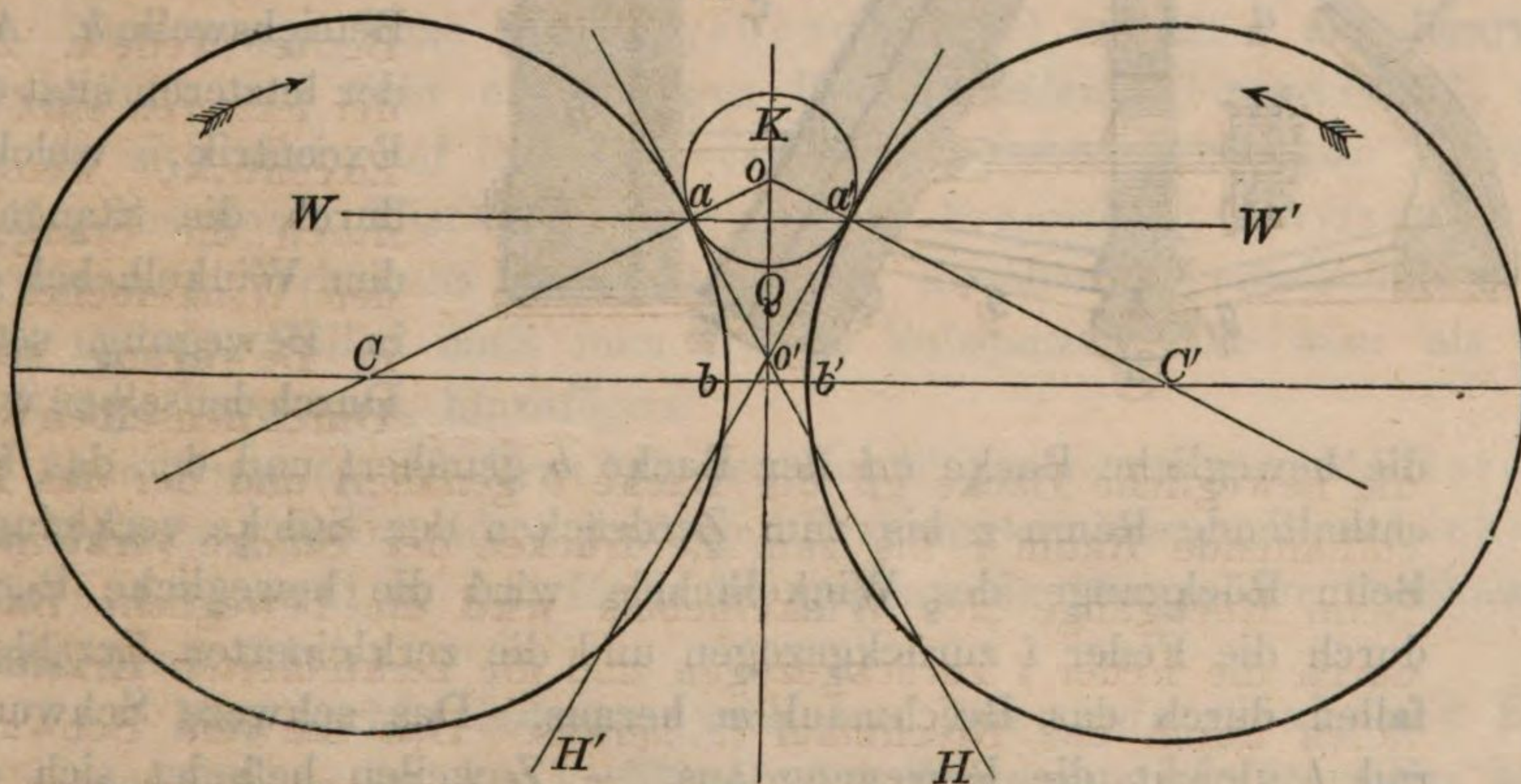


Fig. 102.



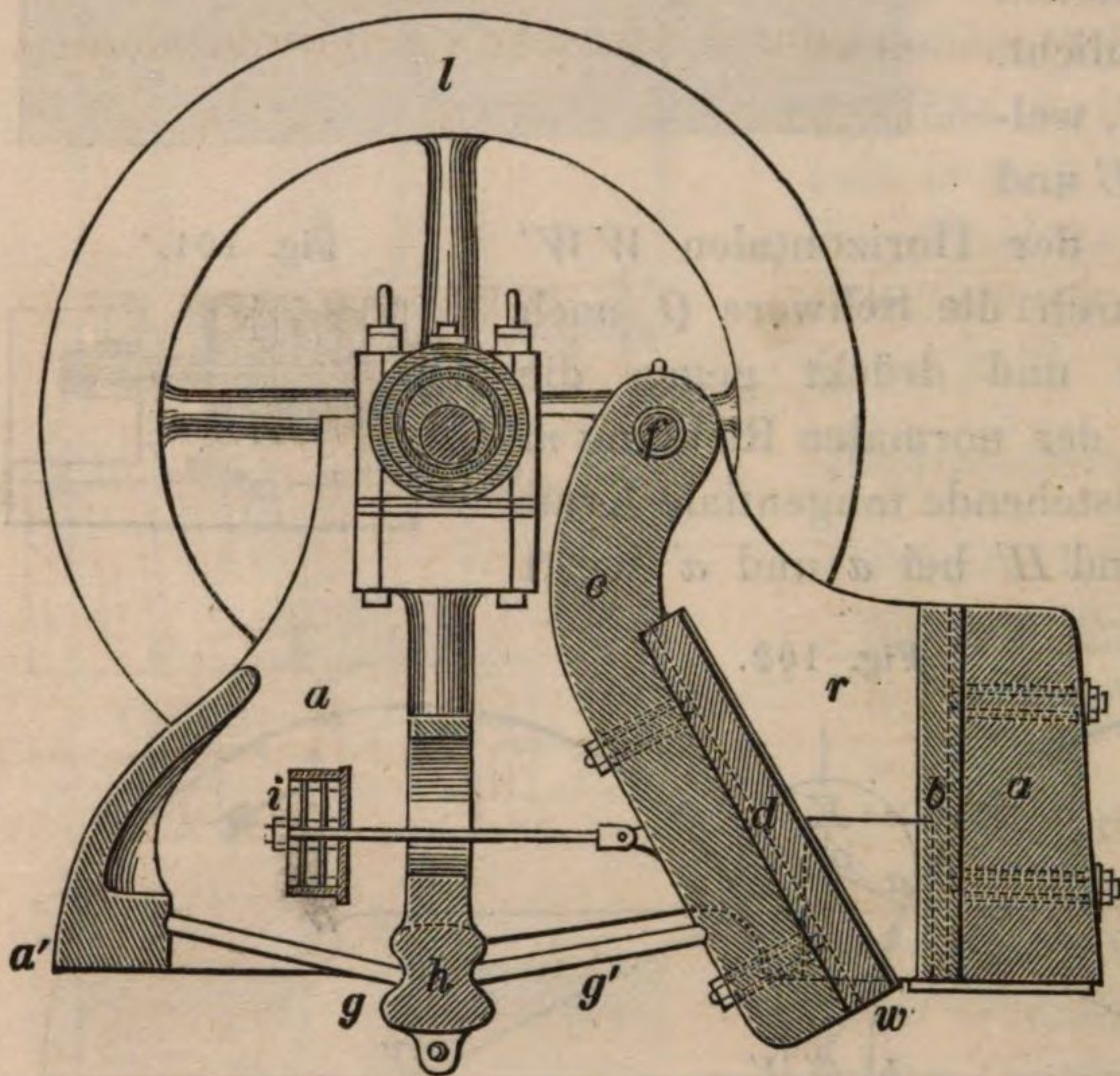
in ihrer Resultirenden $oo' = F$ gemeinschaftlich mit der Schwere Q vertikal nieder und zwar um so stärker, je weiter das Erzstück sich der Walzenaxenebene nähert. Sobald $F + Q$ größer wird als die Resultirende aus der dem Drucke n entgegen stehenden

rückwirkenden Festigkeit des Erzstückes, so wird das letztere zerbrochen und jedes Bruchstück macht dieselbe Operation wiederholt durch, bis die Gröfse den Abstand bb' nicht mehr überschreitet.

Die rollende Reibung, welcher die Stücke gegen einander ausgesetzt sind, übt einen nachtheiligen Einfluß auf die Staubbildung aus.

Erzquetschen (Steinbrecher) wirken durch die Annäherung zweier ebenen Flächen gegen einander, deren eine feststeht, während die andere sich an einer um eine horizontale Axe drehbaren Backe befindet. Die Bewegung der letzteren wird durch einen Kniehebel bewirkt. Die beiden Druckflächen bestehen aus Hartguß oder Stahl. Von ihrer Minimalentfernung (der Weite des Brechmaules) hängt die Gröfse der zerkleinerten Stücke ab.

Fig. 103.



Die 1858 von Blake erfundene Erzquetsche ist vielfach verändert worden. Die am meisten gebräuchliche Form ist in Fig. 103 dargestellt. Das starke Gestell aa' trägt die feste Backe b , die Axe der beweglichen Backe f und die Axe der Betriebswelle k . Auf der letzteren sitzt ein Excentrik, welches durch die Stange h den Winkelhebel gg' in Bewegung setzt.

Durch denselben wird

die bewegliche Backe cd der Backe b genähert und der das Erz enthaltende Raum r bis zum Zerdrücken der Stücke verkleinert. Beim Rückgange des Winkelhebels wird die bewegliche Backe durch die Feder i zurückgezogen und die zerkleinerten Erzstücke fallen durch das Brechmaul w heraus. Das schwere Schwungrad l gleicht die Bewegung aus. — Zuweilen befindet sich die bewegende Dampfmaschine direkt am Gestelle aa befestigt. (Georg-Marienhütte'r und Sievers' Konstruktion). — Dyckhoff bewegt eine Backe geradlinig; Gardiner bewegt die beiden, nach oben verlängerten Backen um Axen, die im Niveau des Brechmaules liegen, und zwar durch Kurbeln; Corbitt und Archer wenden

eine halbkreisförmige schwingende Backe an, welche eine rotirende Walze umfaßt.

Um die Weite des Brechmaules zu variiren, ändert man die Länge der Winkelhebelarme oder die Entfernung der Stützpunkte durch Keilstellung.

Je nach der Härte des Erzes bricht man mit einem Motor von 5—10 Pferdekraft in 12 Stunden 60,000 Kilogr. Erz bei 200 Umdrehungen der Excentrikwelle pro Minute.

Die Vereinigung kleiner Erzstücke (namentlich von Schlamm und Staub, welche aus der Wasch- und Zerkleinerungsarbeit stammen) geschieht bei thonhaltigen Erzen durch Anrühren mit Wasser, Streichen in Ziegelform und Rösten, bei sandigen und kalkigen Erzen durch Einbinden in Kalkbrei.

Ein Einbinden feiner Erze in Kalkbrei unter Zusatz von Kohle oder Kokslösche mit oder ohne nachherige Erhitzung ist vielfach versucht, hat sich indessen nur für Frischschlacken bewährt.

Zehnter Abschnitt.

Die Zuschläge. *)

Nur wenige Erze (selbstgehende Erze) enthalten ein derartiges Verhältniß von nicht eisenhaltigen Bestandtheilen (Gangarten), daß sie für sich allein auf Roheisen verschmolzen werden können. Zuweilen gelingt es durch Mischung verschiedener Erzsorten (Gattirung) das gewünschte Verhältniß ganz oder doch annähernd herbeizuführen. In den meisten Fällen muß man fremde Substanzen, die man als Zuschläge bezeichnet, hinzufügen.

Die Mengung der Erze mit den Zuschlägen nennt man Möllerung, die Möllerung sammt der zugehörigen Brennmaterialmenge Beschickung. Die auf einmal in den Hochofen gelangende Menge der Beschickung heißt eine Gicht.

Man spricht indessen auch von Brennmaterial- und Erzgicht. — Ist das Verhältniß des Brennmaterials zum Erz höher als beim normalen Betriebe, so hat man leichte Gichten, im umgekehrten Falle schwere Gichten, fehlt das Erz einmal ganz, so entstehen leere Gichten.

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk., Abth. II., S. 535 u. f.

Die Gattirung, Möllierung und Beschickung kann nur nach vorgängiger Probe oder Analyse der in den Hochofen zu gebenden festen Materialien erfolgen.

Die Lehre von der Ausführung solcher Untersuchungen nennt man Eisenprobirkunst.

Die Eisenprobirkunst wird wegen ihres Umfanges, wegen der besondern analytischen Vorkenntnisse, welche sie erfordert und wegen der praktischen Beispiele, die zu ihrer Verständlichkeit nothwendig sind, mit Recht als besondere Disziplin behandelt und gelehrt.

Die einzelnen eisenfreien Bestandtheile der Erze und Zuschläge sind behufs Erlangung einer richtigen Möllierung in erster Linie so zu combiniren, daß sie eine beim Schmelzpunkte des zu erzeugenden Roheisens ebenfalls flüssige Verbindung, welche man Schlacke nennt, eingehen. Unter verschiedenen Combinationen, welche diesem Anspruche genügen, ist diejenige als die beste zu bezeichnen, welche gleichzeitig das von schädlichen Bestandtheilen freieste Kohleneisen zu erzeugen gestattet.

Mangan, Silicium, zuweilen sogar Phosphor können dann, wenn sie absichtlich in das Roheisen übergeführt werden, nicht als Verunreinigungen desselben gelten.

Neben der Zusammensetzung der Gangarten zur Erzielung eines bestimmten Schmelzgrades der Schlacke, kommt in zweiter Linie die Menge derselben im Verhältnisse zum Eisengehalte der Möllierung in Betracht. Von diesem Verhältnisse ist für die Erzeugung einer bestimmten Roheisensorte der Aufwand an Brennmaterial und bei gleichem Brennmaterialaufwande die Höhe der Produktion abhängig.

Das Maximum der Schlackenmenge im Verhältnisse zum Roheisen ist wie $5:1$ anzunehmen. Wird dies Verhältniß überstiegen, so ist der Brennmaterialaufwand in der Regel für einen ökonomischen Betrieb zu hoch. Das Verhältniß von $0,4:1$ ist das Minimum, welches zum Schutz des Roheisens vor dem oxydirenden Einflusse der in den Hochofen eingeführten Windströme erforderlich erscheint.

Die Wahl der Erze und des Brennmaterials ist der Regel nach beschränkt durch lokale Verhältnisse (Vorkommen und Transport), sowie durch die Aufgabe eine bestimmte Roheisenqualität zu erzeugen, unbeschränkt dagegen ist fast immer die Wahl der Zuschläge.

Als wesentliche, fast nie fehlende Gemengtheile in den Erzen kommen Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde vor. *) Aus ihnen bildet man daher eine Schlacke von passendem Schmelzpunkte und ersetzt die fehlende Menge eines oder zweier dieser Stoffe durch die Zuschläge. Von den

*) Vergl. Seite 19 u. f.

übrigen Bestandtheilen der Erze, der Asche der Brennmaterialien und der Zuschläge sind noch von Einfluß auf den Schmelzpunkt der Schlacke: Magnesia, Baryt, Mangan, Alkalien, sowie Eisen, falls es durch besondere Verhältnisse nicht reduziert und als Roheisen abgeschieden wird.

Ein Eisengehalt in beträchtlichem Maße kommt in die Hochofenschlacke nur bei fehlerhaftem Hochofengange; ein Mangangehalt ist oft erwünscht und wird zuweilen absichtlich durch Zuschläge herbeigeführt. Alkalien stammen namentlich von einem Thongehalt in den Erzen und den Aschenbestandtheilen der Brennmaterialien, und kommen wegen ihrer geringen Mengen nur selten in Betracht; Magnesia fehlt fast nie ganz in der Beschickung, barythaltige Substanzen (schwerspathhaltige Erze) vermeidet man dagegen möglichst.

Das Verhältniß der Kieselsäure zu den damit verbundenen Basen muß stets innerhalb der Grenzen eines Singulo- und eines Bisilikates liegen. *)

In dem Bisilikate $H_2 Si O_3 = H_{12} Si_6 O_{18}$ und dem Singulosilikate $H_4 Si O_4 = H_{12} Si_3 O_{12}$ können H_{12} durch 6 Atome des zweiwerthigen Calciums, Magnesiums, Mangans oder Eisens (als Oxydul) oder durch 2 Atome des sechswerthigen Aluminiums (als Thonerde) oder durch Combinationen dieser Elemente vertreten sein.

Von dem Verhältnisse der Kalkerde zur Thonerde hängt innerhalb der angegebenen Grenzen wesentlich der Schmelzpunkt der Schlacke ab.

Innerhalb der möglichen Gränzwerte $Ca_6 Al_0 Si_6 O_{18}$ und $Ca_6 Al_0 Si_3 O_{12}$ einerseits, und $Ca_0 Al_2 Si_6 O_{18}$ und $Ca_0 Al_2 Si_3 O_{12}$ andererseits, läßt man nur Schwankungen von $Ca_4:Al_1$ bis $Ca_3:Al_2$ (4 Aequivalente Kalkerde auf 1 Aequivalent Thonerde bis 3 Aequivalente Kalkerde auf 2 Aequivalente Thonerde) zu.

Ein Schwanken des Thonerdegehaltes verändert den Schmelzpunkt einer Schlacke viel schneller als ein Schwanken des Kalkerdegehaltes. Ebenso ändert ein Magnesiagehalt (als Vertreter der Kalkerde) den Schmelzpunkt schneller und es ist daher leichter durch Erhöhung des Thonerdegehaltes und Einfügung eines Magnesiagehaltes eine Schlacke vom niedrigsten Schmelzpunkte schwerschmelziger zu machen, als durch Erhöhung des Kalkerdegehaltes. Manganoxydul, Eisenoxydul und Alkalien ziehen selbst bei geringer Menge den Schmelzpunkt der Schlacke wesentlich herab.

*) Vergl. Seite 12.

Arten der Zuschläge.

Man unterscheidet 1) Kalk- und Magnesia- 2) Kieselsäure- und Thonerde-zuführende Zuschläge 3) Zuschläge, welche nur die Schlackenmenge vermehren und 4) Zuschläge, welche eine wesentliche Aenderung des Schmelzpunktes der Schlacke herbeiführen sollen.

1) Kalk und Magnesia zuführende Zuschläge.

Kalkstein besteht im Wesentlichen aus kohlensaurer Kalkerde $= \text{Ca CO}_3$.

100 Gew.-Th. Kalkstein geben 56 Gew.-Th. Kalkerde; 100

Gew.-Th. Kalkerde erfordern 178,6 Gew.-Th. Kalkstein.

Der Kalkstein kommt als Marmor krystallinisch, als gemeiner Kalkstein dicht, als Kreide erdig, als Kalktuff in porösen Massen vor und ist mehr oder weniger durch die kohlensauren Salze von Eisen, Magnesium und Mangan, sowie durch mechanische Beimengungen von Kieselsäure als Quarz, kieselsaurer Thonerde als Thon, Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat und kohligen Substanzen verunreinigt, deren Menge seinen Werth als kalkgebender Zuschlag bestimmt. Als schädliche Beimengungen sind phosphorsaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk, Schwefelkies und andere Schwefelmetalle zu nennen.

Der Gehalt an kohlensaurer Magnesia wächst von geringen Mengen, welche fast niemals fehlen, bis zu 45,8 $\frac{0}{0}$ (dem einfachen Atomverhältnisse). Dann wird das Gestein Dolomit genannt.

Durch Aufnahme eines Thongehaltes gehen Kalkstein und Dolomit in Kalksteinmergel und Dolomitmergel über.

Kalkstein und Dolomit können durch Röstung (Brennen) ihres Kohlensäuregehaltes beraubt werden.

Das Brennen geschieht in Oefen, welche wie die Eisensteinröstöfen eingerichtet sind. — Die Vorsicht, welche beim Brennen zur Mörtelbereitung angewendet werden muß, um ein Todtbrennen zu vermeiden, ist beim Brennen für den Hochofen nicht erforderlich.

Durch das Brennen erspart man dem Hochofen die zur Zersetzung des Kalksteins nöthige Wärme; indessen bietet die Anwendung gebrannten Kalkes in der Praxis Schwierigkeiten in Folge der Eigenschaft des letzteren, beim Liegen an der Luft Wasser aufzunehmen und gleichzeitig zu zerfallen.

Flusspath, Fluorcalcium (Ca Fl_2), mit 51,28 $\frac{0}{0}$ Calcium und 48,72 $\frac{0}{0}$ Fluor, kommt besonders auf Gängen in krystallinischen und älteren geschichteten Gesteinen vor und ist häufig durch Schwefelmetalle verunreinigt. Er bildet mit Silikaten leichtflüssige Verbindungen und schmilzt mit schwefelsaurer Kalkerde (Gyps) und schwefelsaurem Baryt (Schwerspath) leicht zusammen.

Die Wirksamkeit des Flußspaths durch Uebergang des zu Kalkerde oxydirten Calciums in die Schlacke und durch Verflüchtigung gebildeten Fluorsiliciums kommt im Hochofenprocesse (bei Abwesenheit von Schwefelsäure und hinreichenden Mengen Wasserstoff) wenig in Betracht, obwohl der Sauerstoff der Kieselsäure zur Oxydation des Calciums beitragen könnte.

Flußspath ist ein wirksamer, aber meist zu kostspieliger Zuschlag und kommt daher gewöhnlich nur in Form von Pulver, welches durch die Formen eingeblasen wird, bei Versetzungen im Gestelle in geringen Mengen zur Verwendung.

Kalk- und magnesia-haltige Gesteine, wie Gabbro und Hypersthenit mit ca. 10 $\frac{0}{0}$ Kalkerde und 7 $\frac{0}{0}$ Magnesia, Diabas (Grünstein) mit 6 $\frac{0}{0}$ Kalkerde und 4 $\frac{0}{0}$ Magnesia, sowie der an kohlensaurem Kalke reiche Schalstein, ferner Dolerit und Basalt mit 8—9 $\frac{0}{0}$ Kalkerde und 4 — 8 $\frac{0}{0}$ Magnesia, sowie die oft bis 30 $\frac{0}{0}$ Magnesia haltenden Serpentine kommen höchst selten zur Anwendung. ✓

2) Kieselsäure und Thonerde zuführende Zuschläge.

a) Für den Zuschlag von Thonerde allein ist nur Bauxit, Thonerdehydrat, mit 35—70 $\frac{0}{0}$ Thonerde und gröfseren oder geringeren Mengen Eisenoxyd, Kieselsäure u. s. w., brauchbar. Sein seltenes Vorkommen (Baux, Antrim, Feistritz, Pitten) schließt die allgemeine Anwendbarkeit aus. Ueberdies tritt der Fall, daß der Gattirung allein Thonerde, nicht gleichzeitig Kieselsäure fehlt, nur selten ein.

b) Thonerde und Kieselsäure gleichzeitig werden durch Thon zugeführt, welcher ein wasserhaltiges Thonerdesilikat ist. Durch Aufnahme von Eisenoxydhydrat geht der Thon in Lehm, durch einen Kalkerdegehalt in Mergel über. Die hauptsächlichste Anwendung findet der Thon in Form von Thonschiefer, welcher besonders in den krystallinischen Schiefen und ältesten Sedimentformationen auftritt, oder von Schieferthon, der in den jüngern, namentlich der Steinkohlenformation vorkommt. Er enthält dann 10 — 20 $\frac{0}{0}$ Thonerde, 40 — 70 $\frac{0}{0}$ Kieselsäure und daneben schwankende Mengen von Eisenoxyd, Kalkerde und Magnesia.

c) Kieselsäure allein wendet man der Möllierung durch Zuschlag von Sandstein, welcher aus Quarzkörnern mit thonigem, selten kalkigem Bindemittel besteht, zu, doch kommt auch dieser Fall selten vor. Dagegen benutzt man wegen ihres gleichzeitig gewinnbaren Eisengehaltes häufig die aus kieselsaurem Eisenoxydul mit wechselnden Mengen von Eisenoxydoxydul bestehenden Schlacken (Renn-, Frisch-, Puddel-, Schweifs-Schlacken).

Die Schlacken sind häufig als eigentliches eisenhaltiges Material zu betrachten und werden auch zuweilen in grofsen Mengen zu

den Erzen zugeschlagen, ja sogar für sich allein verhüttet. Sie bedürfen in diesen Fällen, wie kieselsäurereiche Erze einer Möllierung mit Kalk und Thonerde.

Von diesen Materialien werden nur die Schlacken durch Röstung in stadelartigen Oefen vorbereitet. Der Zweck dieser Vorbereitung ist theils ein Aussaigern phosphorreicher Verbindungen, theils eine Entglasung und Porösmachung.

3) Zuschläge, welche nur die Schlackenmenge vermehren.

Geben die Erze nach ihrer Gattirung und normalen Beschickung eine gegen den Eisengehalt zu geringe Schlackenmenge, so findet in Folge übermäßiger Wärmeaufnahme eine Schmelzung vor vollendeter Reduction statt und es bildet sich eine eisenoxydulhaltige Schlacke. In solchen Fällen muß die Schlackenmenge vermehrt werden und es geschieht dies am besten durch Zuschlag von fertig gebildeter Hochofenschlacke aus dem eigenen Betriebe.

4) Zuschläge, welche zur wesentlichen Aenderung des Schlackenschmelzpunktes dienen.

Aenderungen im Schmelzpunkte der Schlacke lassen sich meist in hinreichendem Mafse durch Variationen des Kalk- und Magnesiagehaltes im Gegensatze zur Kieselsäure- und Thonerdemenge erzielen. Wesentliche Erniedrigung des Schmelzpunktes führt man indessen ohne Aenderung des Silicirungsgrades durch Manganoxydul oder Alkalien herbei.

Auch Eisenoxydul macht die Schlacke leichtflüssiger. Ein Gehalt daran ist indessen stets der Beweis eines schlechten Hochofenganges (Rohgang).

Manganoxydul gelangt meist, z. Th. unabsichtlich, in Folge eines Mangangehaltes der Erze in die Schlacke. Nur selten werden Zuschläge in Form von Manganerzen (Braunstein) angewendet.

Alkalische Zuschläge können wegen ihrer Leichtflüchtigkeit nicht mit der Beschickung aufgegeben werden, sondern müssen in den unteren Theil des Hochofens eingeblasen werden. Man wendet sie nur in Ausnahmefällen und dann in Form von Koch- oder Steinsalz (Chlornatrium) oder von Soda (kohlensaurem Natron) und Pottasche (kohlensaurem Kali) an.

Einfluß der Gangarten und Zuschläge auf die Beschaffenheit des Roheisens.

Von dem Schmelzpunkte der Schlacke ist die Kohlung des Roheisens abhängig. Ein graues Roheisen bedarf einer schwer schmelzigen, ein weißes Roheisen einer leicht schmelzigen Schlacke.

Aus diesem Grunde ist es leicht aus manganreichen Erzen weißes und schwierig aus denselben graues Eisen zu erzeugen. Jede Erzsorte ist nur für eine Roheisenart mit bestem ökonomischen Resultate zu verwerthen.

Es ist leichter aus reichen Erzen, bei denen eine Variation des Schlackenschmelzpunktes unschwer herbeizuführen ist, ohne ökonomischen Nachtheil verschiedene Eisensorten zu erzeugen, als aus armen Erzen.

Einfluß des Mangans.

Mangan wirkt theils wegen der Eigenschaft im oxydirten Zustande die Schlacke leichtflüssiger zu machen *), theils wegen der Eigenschaft im reduzirten Zustande die Aufnahme chemisch gebundenen Kohlenstoffs in das Roheisen zu veranlassen **) auf die Bildung weißen Eisens. Steigt der Mangangehalt im Roheisen hinreichend, so entsteht Spiegeleisen.

Die Bedingungen für die Spiegeleisenbildung beruhen auf der hinreichenden Reduction des Mangans und seiner Ueberführung in das Roheisen. Diese Bedingungen werden erfüllt 1) durch die Benutzung manganhaltiger Spatheisensteine oder Sphärosiderite, in denen kohlensaures Mangan- und Eisenoxydul in chemischer Verbindung bestehen. 2) Durch die Anwendung hoher Temperaturen im Gestell, durch heißen Wind und hohen Brennmaterialaufwand. 3) Durch Bildung einer Singulosilikatschlacke vom möglichst genauen Schmelzpunkte des Roheisens. Die Bildung von Spiegeleisen wird erleichtert durch hohe Produktion (weites Gestell und entsprechende Windmengen) und durch schwefel- und phosphorarme Erze.

Einfluß des Siliciums.

Kieselsäure wird zu Silicium reduzirt in um so reichlicherer Menge in das Roheisen übergeführt, je höher die Temperatur des Hochofens im Gestell ist.

Die Bedingungen für die Darstellung grauen Eisens sind daher gleichzeitig die Bedingungen für die Erzeugung eines siliciumhaltigen Roheisens. — Der Betrieb mit Koks, reichliche Brennmaterialmenge, heißer Wind, enge Gestelle wirken in dieser Richtung.

Es wird ferner Silicium um so leichter reduzirt, je mehr Kieselsäure in freiem Zustande über das Verhältniß eines Singulosikates hinaus in der Beschickung vorhanden ist.

Manganhaltige Erze wirken daher auf siliciumarmes Eisen, wenn auch der Kalk-, Thonerde- und Kieselsäuregehalt der Beschickung einem Singulosikate entspricht.

*) Vergl. Seite 122.

**) Vergl. Seite 6.

Die Siliciumreduktion wird endlich durch innige Mischung der Oxyde des Eisens mit Kieselsäure befördert.

Quarzige Eisensteine, Schlacken u. s. w. bilden daher besonders siliciumhaltige Roheisenarten.

Einfluss des Schwefels.

Der Schwefel, welcher nicht durch Verkokung, Röstung, Auslaugung *) u. s. w. vor dem Aufgeben der Materialien in den Hochofen entfernt, oder aus den oberen Theilen desselben durch Verflüchtigung ausgetrieben worden ist, wird zu einem um so größeren Theil in die Schlacke und daher um so weniger in das Roheisen übergeführt:

1) Je bedeutender der Kalkreichthum der Schlacke bei niedriger Silicirungsstufe.

2) Je manganhaltiger die Schlacke ist.

Flusspath wirkt durch Aufnahme vorhandener schwefelsaurer Erden in derselben Richtung.

Chlorsalze, Bromsalze etc., kohlensaure Alkalien und Agentien, welche vor den Formen Schwefelwasserstoff erzeugen, sind im Hochofen selbst unwirksam, da die erzeugten Schwefelverbindungen in höheren Ofentheilen stets wieder zersetzt werden.

Einfluss des Phosphors.

Der Phosphor geht in Folge der hohen Temperatur, welche zur Erzeugung von jeder Art Roheisen erforderlich ist, stets in der ganzen Menge, in welcher er in den festen Materialien enthalten ist, in das Roheisen über.

Man hat bisher noch kein Mittel gefunden den Phosphor für den Hochofenprozess unschädlich zu machen. Fluoride, Chloride etc. sind, selbst wenn sie im untern Theile des Hochofens flüchtige Phosphorverbindungen bilden sollten, nutzlos, da solche Verbindungen sehr bald wieder zerfallen.

*) Vergl. Seite 112.

Elfter Abschnitt.

Hochofenbeschickung.

Ist durch Analysen und Proben die Zusammensetzung der Erze festgestellt, so wird nach den Regeln der Mischungsrechnung die zweckmässigste Gattirung bestimmt und die Wahl der Zuschläge getroffen. Die Bestandtheile der Möllerung werden in den gefundenen Verhältnissen auf einander gestürzt. Der Platz, wo dieses geschieht, ist mit Stürzvorrichtungen (drei Terrassen) versehen und wird Möllerboden genannt. Von der Möllerung wird das für den Hochofen bestimmte Quantum für jede einzelne Gicht abgewogen und in die Gefäße (Gichtwagen) gefüllt, welche es zur Ofengicht befördern. Das Brennmaterial wird nicht mit der Möllerung gemischt, sondern für sich abgewogen und in besonderen Gichtwagen verladen, da es in getrennten Schichten aufgegeben werden soll.

Die Gichtaufzüge.

Zuweilen liegt zwar der Möllerboden in gleichem Niveau mit der Hochofengicht; in den meisten Fällen müssen aber die Materialien von der Hüttensohle bis zur Gicht gehoben werden.

Man kann sich zwar hierzu jeder Vorrichtung bedienen, welche geeignet ist, Lasten auf geringe Höhen zu heben *), aber es sind die folgenden Constructionen besonders mit Vorthail angewendet worden.

1) Förderung durch Dampfmaschine oder Wasserrad auf geneigter Ebene oder zwischen vertikalen Leitbäumen am Seile.

Sowohl bei geneigter, als bei vertikaler Förderung am Seile wirkt die Dampfmaschine an einem Seilkorbe, über welchen zwei Drath- oder Hanfseile laufen, deren eines sich aufwickelt, während sich das andere abwickelt. Die Förderseile werden durch Seilscheiben geführt und bewegen horizontale Plattformen, auf welchen die Gichtgefäße (Gichtwagen) stehen.

Selten befestigt man die Gichtwagen direkt an dem Seile. Ebenso werden einfach wirkende Gichtaufzüge selten angewendet. Beide Einrichtungen erfordern zu viel Zeit, erstere für das Anschlagen, letztere für den leeren Niedergang.

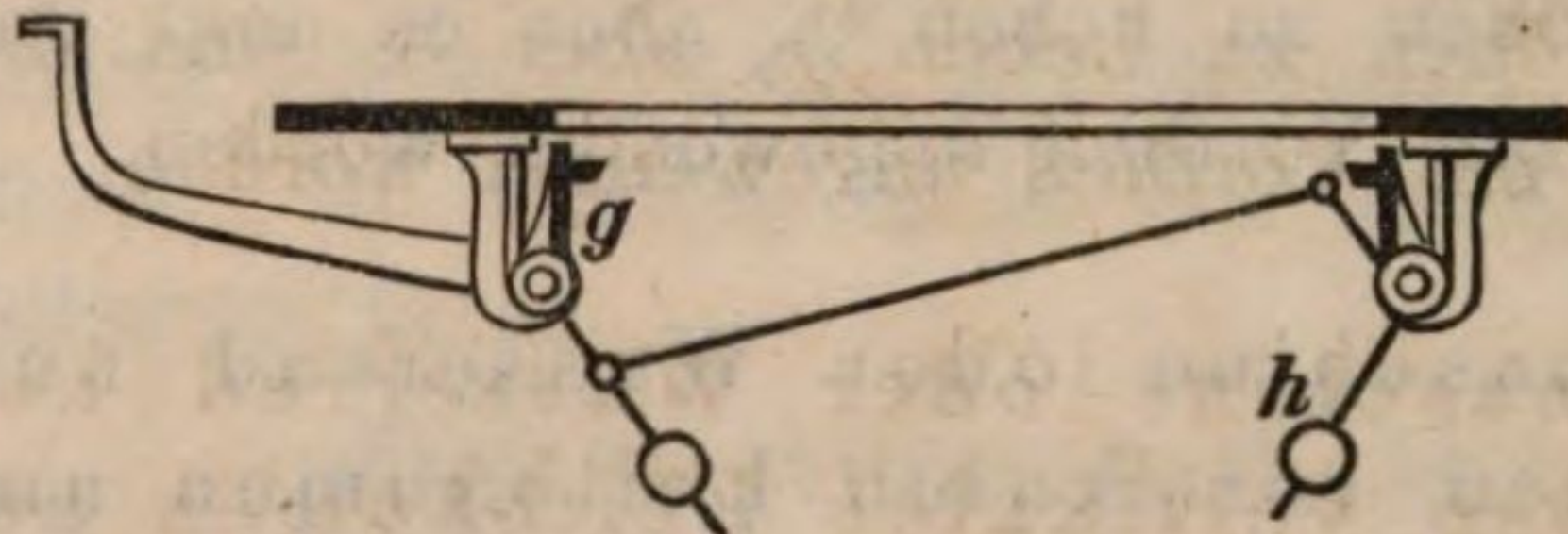
*) Weisbach, Ingenieur und Maschinen-Mechanik, Bd. III, S. 452; Hauer, Hüttenwesensmaschinen, S. 137.

Die geneigten Ebenen bilden mit dem Horizonte Winkel von $25-30$, selten bis zu 45^0 . Sie werden aus Holz oder Eisen (Brückenconstruktion) hergestellt, mit doppelten Geleisen versehen und liegen meist ganz im Freien. Die Dampfmaschine steht unter der geneigten Ebene oder auf der entgegengesetzten Seite der Hochöfen. Der bedeutende Raum, den diese Einrichtung einnimmt, ist ein großer Nachtheil derselben.

Die vertikalen Aufzüge sind in Thürmen (Gichtthürmen) angebracht. Die beiden Förderschalen gehen zwischen hölzernen Leitbäumen oder werden durch gespannte Drathseile oder runde Eisenstangen geführt. Die Dampfmaschine steht seitwärts vom Gichtthurme oder auf demselben. Das erstere hat den durch die Anordnung bedingten Seitenzug und die größere Schwierigkeit für den Maschinenwärter, die Stellung des Fördergefäßes zu beurtheilen, gegen sich, das letztere die Unannehmlichkeit einer langen Dampfleitung.

Jede solche Fördervorrichtung muß mit Bremse versehen sein. Die Plattform setzt nach Vollendung des Aufganges auf Knaggen auf, die vor dem Niedergange durch Vermittelung eines Fußtrittes zurückgezogen werden. Fig. 104 stellt eine solche Knaggenvorrichtung für einen vertikalen Gichtaufzug dar. Die Knaggen *g* werden durch die Gegengewichte *h* in die gezeichnete Lage gebracht, in welcher sie die Plattform am Niedergange hindern. Durch Bewegung des Fußtrittes nach unten werden sie gleichzeitig zurückgezogen und machen den Weg für die Plattform frei.

Fig. 104.



Eine Dampfmaschine, welche einen ca. 16 Meter hohen Hochofen bedient, erhält $2\frac{1}{2}-3$ Pfdkr.; jedoch verbindet man meist einen Gichtaufzug mit mehreren Hochöfen durch Gichtbrücken und rechnet dann pro Ofen nicht

mehr als $1\frac{1}{2}$ Pferdekr. Die Fördergeschwindigkeit übersteigt selten 2 Meter pro Sekunde.

Es ist nicht vortheilhaft den Gichtaufzug an andere maschinelle Vorrichtungen, z. B. die Gebläsemaschine anzuschließen.

Man wählt bei unten stehendem Motor meist Zwillingsmaschinen und Umsteuerung mit Stephenson'scher Coulissee, bei oben stehendem Motor dagegen oscillirende Maschinen.

Bei Anwendung eines Wasserrades wird fast ausnahmslos der vertikale Aufzug gewählt und der Motor unter das Niveau der Hüttensohle gelegt. Die beiden Förderschalen werden dann oft durch ein einziges Seil verbunden, welches über eine auf dem Thurme befindliche Seiltrommel läuft. Das Rad wird mit doppelter Schaufelung als Kehrrad eingerichtet.

2) Förderung mit Kette ohne Ende (Paternosterwerke).

Zur Vermeidung der intermittirenden Bewegung, welcher im vorhergehenden Falle der Motor unterworfen ist, bewegt man eine oder zwei Ketten ohne Ende kontinuierlich in gleicher Richtung und hängt an dieselben die Fördergefäße einzeln an. Jede Kette läuft über zwei Seilscheiben, deren eine mit dem Motor in Verbindung steht. Auch hier fördert man, theils auf geneigter Ebene, theils vertikal. Im ersten Falle wird das Gefäß mittelst eines Hakens in eine Kette ohne Ende eingehängt. Es bringt dann eine Kette die vollen Gichtwagen aufwärts, eine andere führt die leeren abwärts. Bei vertikaler Förderung werden zwei parallele Ketten in derselben Richtung bewegt. Dieselben sind mit Haken oder Stiften versehen, welche in entsprechende Vorsprünge an den Fördergefäßen eingreifen. Die vollen Gefäße gehen auf einer Seite aufwärts, die leeren an der entgegengesetzten abwärts.

Die obere Seilscheibe muß groß genug sein, um das Fördergefäß zwischen Peripherie und Axe durchgehen zu lassen.

Derartige Aufzüge sind unbequem zu handhaben und werden nur für kleinere Anlagen benutzt.

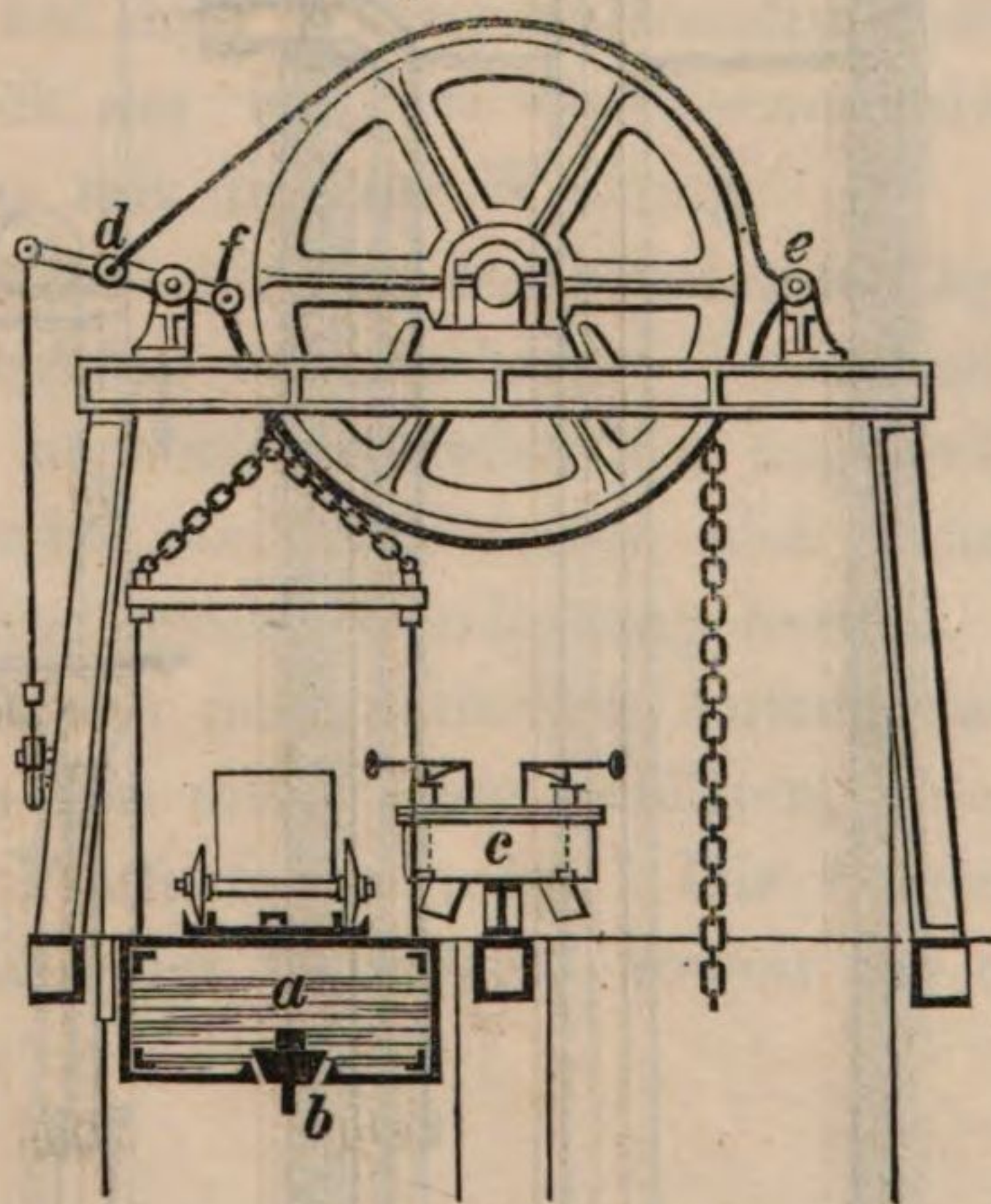
3) Wassertonnenaufzüge. (Wasserbalancen.)

Bei den Wassertonnenaufzügen trägt jede Plattform einen Blechkasten (*a*, Fig. 105), welcher am Boden mit einem Ventile (*b*) versehen ist. Sobald der leere Kasten *a*, auf welchen der gleichfalls leere Gichtwagen geschoben ist, aus dem Reservoir *c* mit Wasser gefüllt wird, erlangt er das Uebergewicht über den am anderen Ende der Kette befestigten, auf der Hüttensohle befindlichen wasserleeren Kasten, auf dem der volle Gichtwagen steht, und zieht den letzteren hinauf. Beim Hinabgelangen stößt der Stiel des Ventils *b* auf einen Stift, das Ventil öffnet sich und der Kasten entleert sich wieder.

Die Bremse *def* hemmt die Bewegung am Anfang und Ende des Auf- und Niederganges.

Der wesentlichste Vorzug dieser Aufzüge ist die Einfachheit, ein Nachtheil ihre Unhaltbarkeit in Gegenden, wo starker Frost vorkommt. Sie haben übrigens auch den Vorthail, daß das für die intermittirende Bewegung nöthige Wasser durch eine kontinuierlich wirkende Pumpe

Fig. 105.



auf die Gicht geschafft werden kann und daher die Kraft des Motors am besten ausgenutzt wird.

4) Wassersäulenaufzüge (hydraulische Aufzüge).

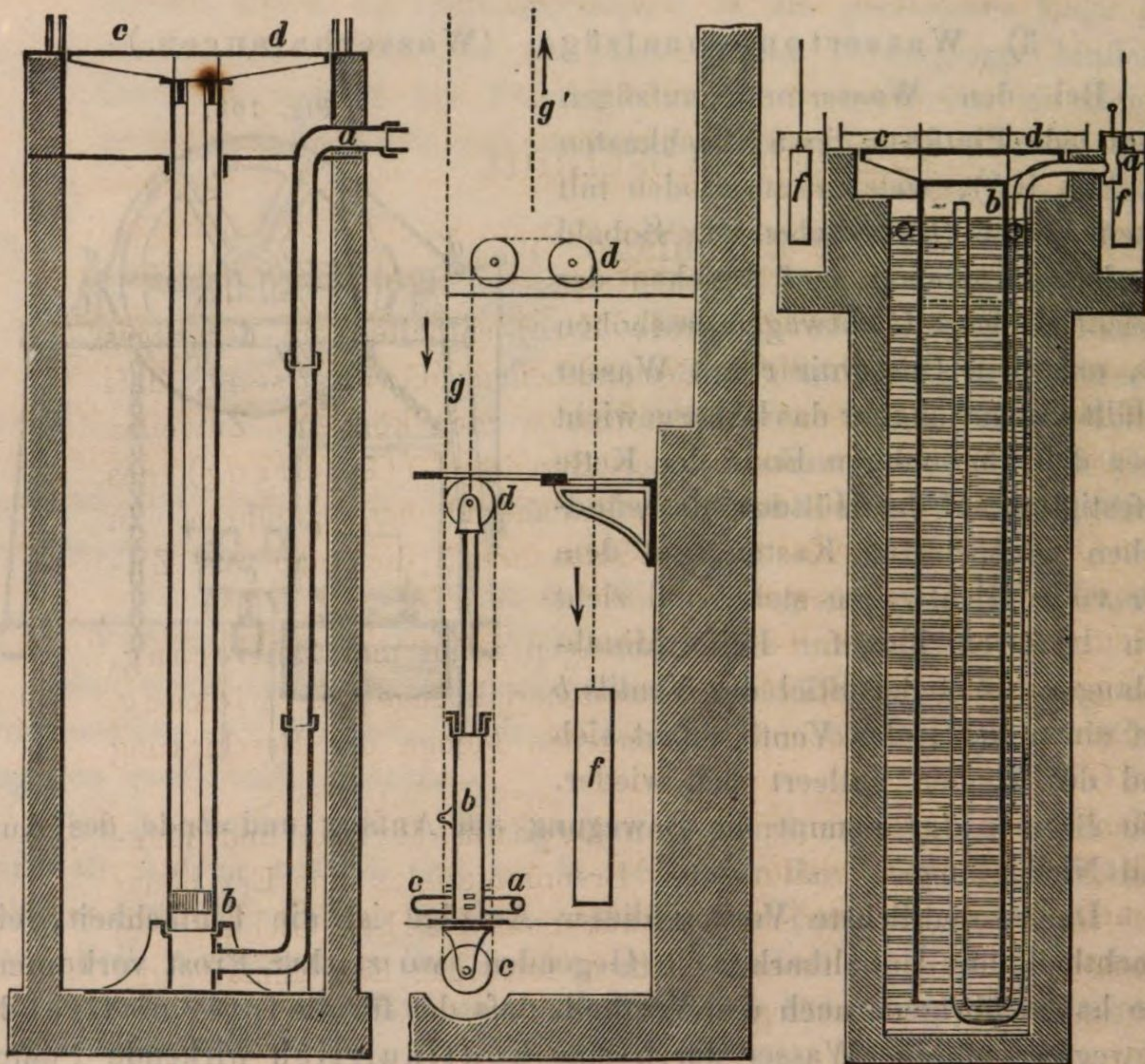
Bei den Wassersäulenaufzügen wird der Druck des Wassers zur Bewegung eines Kolbens benutzt, durch welchen die Plattform direkt oder indirekt, d. h. durch Vermittelung von Seilen oder Ketten gehoben und gesenkt wird. Die Wassersäulenaufzüge wirken meist einfach. Die Erzeugung des Wasserdruckes geschieht durch Pumpen, deren Arbeit indessen gewöhnlich in einem Behälter (Accumulator) angesammelt wird.

Ein direkt wirkender Wassersäulenaufzug ist in Fig. 106 abgebildet. Das aus dem Accumulator kommende Wasser tritt durch das Rohr *a* unter den Kolben *b*, an dessen Stange die Plattform *cd* direkt befestigt ist. Die Hubhöhe des Kolbens, also auch die Länge des Cylinders, in welchem derselbe läuft, entspricht der Höhe des Hochofens. Es ist daher unterhalb der Hüttensohle ein ebenso tiefer Raum für den Apparat auszumauern und dies

Fig. 106.

Fig. 107.

Fig. 108.



ist oft ein großer Nachtheil. Behufs des Niederganges der Plattform cd wird das gepresste Wasser unterhalb des Kolbens b durch ein Ventil hinausgelassen, während gleichzeitig das Zutrittsrohr a abgesperrt bleibt.

Ein indirekt wirkender Wassersäulenaufzug (hydraulischer Krah) ist in Fig. 107, auf Seite 128, dargestellt. Das Druckwasser tritt durch a in den Cylinder b und unter den darin beweglichen Mönchskolben, dessen Hub ein verhältnißmäßig nur kleiner zu sein braucht. Die Zeichnung zeigt die Maschine nach vollbrachtem Hube, d. h. in höchster Stellung des Kolbens. Der Cylinder b ist am Boden mit zwei Rollen e versehen und ebenso der Kolben an seinem oberen Ende bei d . Das Förderseil g ist an dem Vorsprung bei b am Cylinder befestigt; es windet sich um die Rollen d und e (wie bei einem Flaschenzuge) und steigt dann zu einer auf dem Gichtthurme befindlichen Seiltrommel auf, welche mit der Seilscheibe des Förderseiles g' auf derselben Welle sitzt. Das Gewicht des Kolbens ist durch das Gegengewicht f , welches über die Rollen d läuft, abbalancirt. Wird a geschlossen, das Abflußrohr c dagegen geöffnet, so sinkt mit der leeren Förderschale der Kolben auf den Boden des Cylinders b zurück.

5) Pneumatische Aufzüge.

Statt des Wasserdruckes, welcher bei dem Wassersäulenaufzuge die Last hebt, wendet man auch den Druck der von der Gebläsemaschine comprimirt Luft an, indessen stets nur mit direkter Wirkung.

Solche pneumatische Aufzüge theilen mit den entsprechenden hydraulischen den Nachtheil, eine der Ofenhöhe entsprechende Versenkung unter der Hüttensohle nöthig zu machen und wirken außerdem ungünstig auf die Gleichmäßigkeit des Gebläsewindes ein. Sie lassen sich daher nur da anwenden, wo eine sehr weite und große Windleitung besteht.

Fig. 108, auf Seite 128, stellt einen pneumatischen Aufzug dar. Der Gebläsewind tritt durch a in den mit Wasser gefüllten, unten offenen Cylinder b , welcher die Plattform cd trägt. Die Gegengewichte ff balanciren das Gewicht des Cylinders, soweit als es erforderlich ist, ab. ✓

Das Begichten des Hochofens.

Die festen Materialien können nur bei kleinem Gichtdurchmesser aus Gefäßen mit der Hand aufgegeben und durch Kratzen vertheilt werden.

In Schweden wird die Wagschale gleichzeitig als Aufgebelschaufel benutzt.

Bei weiterer Gicht muß man sich mechanischer Hilfsmittel bedienen, um die richtige Vertheilung und Anordnung der Materialien herbeizuführen. Diese Hilfsmittel sind entweder mit den Gichtwagen verbunden, oder liegen fest im Hochofen.

Im ersteren Falle werden die Gichtwagen über die Gicht gefahren und durch den Boden entleert. Dieselben sind zu diesem Zwecke entweder mit einem conischen Verschlusse, welcher gesenkt wird, oder mit Klappen, welche in Charnieren hängen, versehen.

Liegt die Vorrichtung zur Vertheilung der festen Materialien fest im Hochofen, so dient sie gewöhnlich gleichzeitig als Gasfang. *)

Die mechanischen Vorrichtungen zur Vertheilung der festen Materialien müssen so eingerichtet sein, daß sie eine sich stets wiederholende, bestimmte Anordnung der Materialien nach der Stückgröße herbeiführen. Nur selten werden Einrichtungen getroffen, welche Brennmaterial und Erze auf verschiedene Weise aufgeben.

Zu letzteren gehören die dachförmigen Ringverschlüsse.

Eine zweckmäßige Vertheilung wird erreicht, wenn es gelingt, die größten Stücke in das Centrum, die kleinsten an die Peripherie des Hochofenquerschnittes zu bringen und gleichzeitig das Brennmaterial vorwiegend im Centrum, das Erz mehr an der Peripherie anzuhäufen.

Der Trichterapparat **) erfüllt diese Aufgabe dadurch, daß das Erz zuerst gegen die Wandung geschleudert wird und dann beim Zurückfallen eine concave Fläche bildet, auf welcher die größeren Stücke zum Centrum rollen, während das nachher darauf gestürzte Brennmaterial den gebildeten schüsselförmigen Raum ausfüllt, also in der Mitte eine stärkere Schicht bildet. Der Glockenapparat erreicht auf andere Weise denselben Zweck, indem er die Beschickung zwingt, dicht an der Wandung niederzugleiten.

Die festen Materialien werden in die ringförmigen Räume, welche bei Benutzung der Gasfänge als Vertheilungsapparate zur Aufnahme derselben vor ihrem Eintritte in den inneren Ofenraum dienen, vermittelt Gichtwagen gestürzt, deren eine Seitenwand sich klappenartig öffnet oder deren Obertheil sich auf einer mit dem Gestell verbundenen Axe kippen läßt.

Eine neue Gicht wird aufgegeben, sobald der nöthige Raum vorhanden, also die Beschickungsoberfläche tief genug gesunken ist — durchschnittlich alle 30 Minuten —. Bei geschlossenen Oefen wird die Tiefe der Beschickungsoberfläche durch eine Stange (den Gichtenmesser) angegeben, welche zuweilen mit einem Läutewerk verbunden ist.

Bei offener Gicht muß die Brennmaterialgicht stets durch die Erzgicht bedeckt werden. Bei geschlossener Gicht empfiehlt sich der günstigeren Anordnung wegen das Umgekehrte. ✓

*) Vergl. Seite 96.

**) Vergl. Seite 98.

Zwölfter Abschnitt.

Niedergang der festen Materialien.

Anordnung der Materialien.

Gleichartige Materialien müssen in gleichgroßen Stücken (am besten Nuß- bis Faustgröße) aufgegeben werden, um bei ihrem Niedergange in derselben Tiefe gleichmäßig chemisch und physikalisch verändert zu sein.

In der Praxis ist dies nie vollständig zu erreichen, wird aber auch viel zu wenig beachtet.

Von ungleichgroßen Stücken müssen die kleineren an die Peripherie gebracht werden, um die Gase, welche an den Wandungen am wenigsten Reibungshindernisse finden, daher dort am schnellsten aufsteigen, gleichmäßig durch den ganzen Ofenquerschnitt zu vertheilen.

Die Anordnung der festen Materialien ändert sich beim Niedergange in der Art, daß die schwereren die leichteren an die Wandung drängen und zwar um so mehr, je stärker die Erweiterung des Ofenschachtes ist; außerdem wird die Geschwindigkeit der niederrückenden Stücke an den Wandungen in Folge stärkerer Reibung vermindert.

Eine jede horizontal aufgegebene Schicht von Erz oder Brennmaterial geht daher beim Niederrücken in eine von zwei concaven Flächen begränzte (eine schüsselförmige) Form über. Eine horizontal aufgegebene Erzsicht nimmt beim Niederrücken gleichzeitig an den Rändern, eine Brennmaterialsicht in der Mitte an Stärke ab. Daher muß das Erz in stärkerer Lage an der Peripherie, das Brennmaterial in stärkerer Lage im Centrum aufgegeben werden. *) — Man kann die Bewegung der Materialien im Hochofen mit der Bewegung von Flüssigkeiten in Röhren vergleichen. Bei gleichem Volumen nimmt die Geschwindigkeit mit der Vergrößerung des Querschnitts ab.

Die festen Materialien vermehren anfangs durch Erwärmung etwas ihr Volumen. In tieferen Theilen vermindert sich das Volumen zuerst durch Abrieb und Zerdrücken der porös gewordenen Stücke, dann plötzlich sehr bedeutend durch Uebergang des gebildeten Roheisens und der Schlacke in den flüssigen Aggregatzustand und endlich am meisten durch Vergasung des Kohlenstoffs der Brennmaterialien.

Fehler gegen die Regeln einer richtigen Begichtung geben sich durch das Hängenbleiben und Kippen der Gichten zu erkennen. Indessen können dieselben Erscheinungen auch durch schlechte

*) Vergl. Seite 130.

Beschaffenheit der Materialien (z. B. sehr zerreibliche Koks, vorrollende Erze), durch falsche Ofenkonstruktion oder durch Fehler in der Zusammensetzung der Beschickung hervorgerufen werden.

Veränderung der Erze.

Die Erze geben bei ihrem Niedersinken zuerst ihr hygroskopisches, dann das chemisch gebundene Wasser ab. Erst später wird die Kohlensäure verflüchtigt. (Vorbereitungszone).

Man erleichtert die Reduktion der Eisenerze im Falle sie kohlen säurehaltig sind, wesentlich durch ihre vorgängige Röstung.

Die Vorgänge in der Vorbereitungszone sind dieselben, welche bei einer Röstung in reduzierender Atmosphäre stattfinden *), sowohl in Bezug auf die Haupt-, als die Nebenbestandtheile.

Sodann beginnt die Reduktion der Eisenoxyde (unter dem Durchgange durch Eisenoxydoxydul bis zur Zusammensetzung: $\text{Fe}_4 \left\{ \text{O}_7 \right\}^{**})$ zu metallischem Eisen in Form einer porösen Substanz (Eisenschwamm). Gleichzeitig mit der Reduktion tritt sofort eine Kohlung ein, so daß Reduktions- und Kohlungszone nicht getrennt werden können, obwohl die Reduktion in höheren Theilen, die Kohlung in tieferen Theilen des Hochofens vorwiegt.

Die Reduktion beginnt bereits bei sehr niedrigen Temperaturen, aber ihre Vollständigkeit wird so lange gehindert, als die Erze und Zuschläge noch Kohlensäure und die Brennmaterialien flüchtige Kohlenwasserstoffe enthalten.

Je reicher an Kohlenoxyd die Atmosphäre ist, in welcher die Reduktion erfolgt, um so schneller geht sie von statten; je langsamer die Erze niederrücken und je langsamer der Gasstrom aufsteigt, d. h. je weiter der Ofen in der Reduktionszone ist, um so vollständiger wird die Reduktion innerhalb einer bestimmten Höhe des Ofens.

Nachdem das Eisen hinreichend gekohlt ist, um schmelzen zu können, geht es in den flüssigen Aggregatzustand über (Schmelzzone), kohlt sich indessen und zwar nunmehr wesentlich durch die Berührung mit dem glühenden Kohlenstoffe ununterbrochen höher, bis es die höchste Temperatur vor den Formen erreicht. Von da an bleibt es unverändert und sammelt sich unter der Schlackendecke an.

Je höher die Temperatur im Gestelle des Ofens ist, um so höher kohlt sich das Eisen und um so mehr wird der Kohlenstoff in einer Form in das Eisen übergeführt (gelöst), in welcher er sich nach dem Erkalten als Graphit ausscheidet; je niedriger die Temperatur ist, um so leichter bildet sich weißes Eisen mit chemisch gebundenem Kohlenstoffe.

*) Vergl. Seite 103.

**) Vergl. Seite 11.

Ein Mangengehalt kann diesem Vorgange entgegen wirken, indem er zur Bildung des höchst gekohlten Eisens mit nur chemisch gebundenem Kohlenstoffe, des Spiegeleisens, Veranlassung giebt.

Ein reichlicher Brennmaterialaufwand im Gegensatze zur Erzmeng (leichte Gichten) erzeugt eine hohe Temperatur im Gestelle und ist daher der Bildung von grauem Eisen günstig; ein verhältnißmäßig geringer Brennmaterialaufwand (schwere Gichten) veranlaßt eine niedrige Temperatur und ist der Bildung von weißem Eisen günstig.

Je enger das Gestell bei gleichem Brennmaterialaufwande ist, um so höher steigt die Temperatur. Enge Gestelle sind daher für die Bildung grauen, weite Gestelle für die Bildung weißen Eisens geeigneter.

Veränderung der Zuschläge.

Die Zuschläge geben wie die Erze zuerst ihren Wassergehalt, dann ihren Kohlensäuregehalt ab und hindern, so lange letzterer nicht entfernt ist, wesentlich die Reduktion der Eisenoxyde.

Bei einer richtigen Gattirung und Möllierung müssen sich die Zuschläge mit den Gangarten der Erze gerade zu der Zeit zu einer flüssigen Schlacke verbinden, wo alles Eisen reduziert ist. Die Schlacke tropft mit dem geschmolzenen Roheisen zwischen den verbrennenden Kohlen nieder und sammelt sich als spezifisch leichterer Körper über dem Roheisen an. Einen solchen Ofengang nennt man Gargang. Er wird vorzüglich durch das richtige Möllungsverhältniß und das für die zu erzeugende Roheisenart angemessene Verhältniß zwischen Brennmaterial und Erzgicht erhalten. Er kennzeichnet sich durch ein flüssiges Roheisen, eine ebensolche Schlacke von lichter Farbe, klare und helle Formen.

Man kann bei jenem Gange jede Sorte Roheisen (weißes, wie graues) erzeugen, nur muß der Schmelzpunkt der Schlacke mit der Ofentemperatur übereinstimmen.

Heißgar nennt man den Gang, wenn die nöthige Temperatur im Gestelle zum Theil durch die Hitze des Windes, kaltgar, wenn bei kaltem Winde die Temperatur nur durch die Brennmaterialmenge erhalten wird. Der erstere liefert stets ein unreineres Produkt, als der letztere, aber erspart an Brennmaterial so bedeutend, daß man ihn aus ökonomischen Rücksichten fast immer vorzieht, wenn nicht eine ganz besondere Roheisenqualität (z. B. Dratheisen) erzeugt werden soll.

Wird eine flüssige Schlacke gebildet, ehe alles Eisen reduziert ist, so geht Eisenoxydul in dieselbe über. Die eisenhaltige Schlacke wirkt auf das Roheisen entkohlend ein und bildet weißes (gefeintes) Eisen von hohem Schmelzpunkte. Ein solcher Ofengang wird Rohgang oder

übersetzter Gang genannt. Er rührt meist von zu geringer Brennmaterialmenge, zuweilen von anderen abkühlenden Einflüssen, wie nassen Materialien, rohen Erzen oder Brennstoffen an Stelle von vorher angewendeten vorbereiteten, zuweilen von dem Einflusse ungleichförmig niedergehender Erze (Vorrollen) her, giebt sich durch matt fließendes Eisen, dunkle, oft ganz schwarze Schlacke, durch fortschreitende Abkühlung im Gestelle, Ansätze von Frischeisen, Schlagen der Formen, welche roth und dunkel werden, kund und kann durch Vergrößerung der Brennmaterialmenge oder Abstellung der anderen abkühlenden Einflüsse in Gargang zurückgeführt werden. Wird in einem Hochofen graues Eisen erzeugt und man will zu weißem Eisen übergehen, so ist es nothwendig zuvörderst durch Abbruch an Brennmaterial, Rohgang herbeizuführen, diesen aber sofort durch Veränderung der Beschickung (z. B. Vermehrung des Kalkzuschlages) wieder in Gargang überzuführen.

Zuweilen führt man auf kurze Zeit absichtlich Rohgang behufs Erzeugung eines für den Hartguß geeigneten Roheisens herbei.

Ist der Brennmaterialaufwand höher als zu einem garen Gange erforderlich, so entsteht der übergare Gang. Arbeitet der Hochofen auf weißes Eisen, so zeigt sich derselbe durch die Bildung grauen Eisens. Erzeugte man bereits graues Eisen, so kennzeichnet sich der übergare Gang durch die Bildung sehr silicium- und graphitreichen Eisens, durch hitzige Schlacke und stark leuchtende Formen. Der übergare Gang wird in den garen durch Abbruch an Brennmaterial übergeführt. Ist mit zu hohem Brennmaterialaufwande auch noch ein zu hoher Schmelzpunkt der Schlacke verbunden, so treten Erscheinungen auf, welche dem Rohgange ganz ähnlich sind. Das Eisen oxydirt sich vor dem Windstrome, bildet unter den Formen eine eisenhaltige Schlacke und es entstehen Ansätze von gefrischtem Eisen.

Hiergegen hilft dann nicht eine Vermehrung des Brennmaterials, sondern nur die Bildung einer leichtflüssigeren Beschickung unter gleichzeitigem Abbruche an Brennstoff. ✓

Veränderung der Brennmaterialien.

Alle Brennmaterialien, welche für den Hochofen brauchbar sein sollen, müssen einen hinreichenden Widerstand gegen das Zerdrücken durch die darauf lastende Beschickungssäule gewähren.

Deshalb sind Braunkohlenkoks und Torfkohlen selten brauchbar. — Ein leicht zerdrückbares Brennmaterial z. B. Holzkohle erfordert einen niedrigeren Hochofen als ein festes z. B. Koks.

Im Uebrigen ist der Werth der Brennmaterialien für den Hochofenprozess abhängig von der Menge des Kohlenstoffs, welche sie bei starker Erhitzung in reduzierender Atmosphäre zurücklassen; denn sie kommen,

gleichgültig in welchem Zustande sie in die Gicht gestürzt werden, stets als reiner, nur mit den Aschenbestandtheilen gemengter Kohlenstoff vor den Formen zur Verbrennung, wo sie Kohlenoxyd bilden. Es findet nur in sofern ein Unterschied zwischen einem roh aufgegebenen Brennmateriale und dem aus demselben vorher erzeugten Verkohlungsprodukte statt, als der im Hochofen selbst verkohlte oder verkokte Brennstoff dichter, daher schwerer verbrennlich vor den Formen wird, als wenn das Verkohlungsprodukt unter geringerem Drucke außerhalb des Hochofens erzeugt worden ist.

Rohe Brennmaterialien absorbiren bei ihrer Verkohlung im Hochofen eine gewisse Menge Wärme, welche bei vorhergehender Verkohlung dem Hochofen selbst erspart bleibt. Die Gichtgase werden dagegen reicher an brennbaren Gasen und daher werthvoller.

Der Unterschied zwischen der Anwendung roher Erze und Zuschläge und zwischen der Benutzung roher Brennmaterialien liegt wesentlich darin, daß die durch die ersteren hervorgerufene Abkühlung durch vermehrten Zusatz von Brennmaterial aufgehoben werden kann, während der durch letztere erzeugte Wärmeverbrauch sich bei Vermehrung der Brennmaterialmenge ebenfalls vergrößert.

Man kann daher dem Wärmeverluste bei Anwendung roher Brennmaterialien nur durch Benutzung gerösteter Erze, gebrannter Kalksteine und namentlich durch Vergrößerung der absoluten Produktion (weite Gestelle mit entsprechender Windmenge) begegnen.

Je gasreicher ein rohes Brennmaterial ist, um so schwieriger ist es verwendbar und je ärmer ein Erz, um so größer der Einfluß der Abkühlung durch rohes Brennmaterial.

Ob man eine Steinkohle im rohen oder verkokten Zustande anwenden soll, darüber entscheiden vor Allem die Eigenschaften derselben beim Verkoken. Läßt sich eine Steinkohle als Kleinkohle verkoken, so ist es der Regel nach vortheilhafter, die Stücke zur Flammenfeuerung zu verwerthen. Läßt sich Kleinkohle dagegen nicht verkoken (z. B. bei Sand-, Sinter-Kohle, Anthrazit), so ist es zweckmäßiger die rohen Stückkohlen auch für den Hochofen zu benutzen.

Es fällt im letzten Falle der Abbrand und mechanische Verlust, welcher bei der Verkokung oft sehr groß ist, fort.

Stark backende Kohlen lassen sich im rohen Zustande nicht verwerthen, weil sie den gleichmäßigen Niedergang der Materialien stören.

Einfluß der Form des Hochofens auf die Veränderung der festen Substanzen.

Von dem Querschnitte eines Hochofens vor den Formen ist bei entsprechender Windmenge die Produktion abhängig. Nach der beabsich-

tigten Produktionshöhe wird daher der Durchmesser vor den Formen zu bestimmen sein, jedoch scheint bei einer Weite von 2,8—3 Metern vorläufig die Maximalgränze zu liegen. Für graues Eisen geht man selten über 1,8—2,2 Meter hinaus.

Von den Formen aus soll sich der Ofen nach oben allmählig erweitern, um den Gasen beim Aufsteigen und den Erzen beim Hinabrücken geringere Geschwindigkeit zu geben und deshalb vollständige Einwirkung auf einander zu gestatten. In der Nähe der Gicht muß der Ofen wieder zusammengezogen sein, um die noch vorhandene Wärme der Gase möglichst gleichförmig zur Vorbereitung der festen Substanzen zu verbrauchen. Die dem Zwecke entsprechendste Form des Hochofenschachtes ist daher die Tonnenform. Je gasreicher die Erze, Zuschläge und Brennstoffe sind, um so weiter muß die Gicht sein, um eine gleichmäßige Spannung und Geschwindigkeit der Gase herbeizuführen.

Rohe Brennmaterialien erfordern also eine weite, trockenes Roth- und Magneteisenerz, gerösteter Spatheisenstein und gebrannter Zuschlagskalk eine engere Gicht. — Eine gleichmäßig nach oben erweiterte Ofenform (Truran, Raschette) ist für die Vorbereitung der Materialien ungünstig und daher nur für Erze anwendbar, welche der Vorbereitung nicht bedürfen (wie lockerer Magnet-, gerösteter Spatheisenstein).

Je leichter reduzirbar die Erze sind, um so weniger braucht die Weite des Kohlensackes von der Weite des Gestells und der Gicht abzuweichen.

Geröstete Spatheisensteine lassen sich in beinahe cylindrischen Oefen verschmelzen. — Die Form der alten Hochöfen mit ganz flacher Rast vermindert durch Bildung eines todten Kohlenmantels nur den nutzbaren Raum des Hochofens, ohne die Reduktion im Verhältnisse zur Weite des Kohlensacks zu befördern.

Je leichter schmelzbar die Schlacke ist, um so weiter muß das Gestell sein. Graues Eisen verlangt unter sonst gleichen Umständen ein engeres Gestell als weißes. *)

Da manganhaltige Erze die Erzeugung weißen Eisens begünstigen und gleichzeitig eine leichtflüssige Schlacke geben, so gestatten sie die Anwendung der weitesten Gestelle.

Es kommen in der Praxis vier Combinationen vor:

- 1) Die Erze sind leicht reduzirbar und die Schlacke ist leicht schmelzbar.
- 2) Die Erze sind schwer reduzirbar und die Schlacke ist schwer schmelzbar.

*) Vergl. Seite 133.

3) Die Erze sind leicht reduzierbar und die Schlacke ist schwer schmelzbar.

4) Die Erze sind schwer reduzierbar und die Schlacke ist leicht schmelzbar.

Der erste Fall erfordert beinahe cylindrische Oefen mit weitem Gestelle und weiter Gicht, der zweite am meisten ausgebauchte Oefen mit engem Gestelle und enger Gicht, der dritte Oefen mit engem Gestelle und weiter Gicht, der vierte endlich Oefen mit weitem Gestelle und enger Gicht.

Der erste Fall ist z. B. auf manganreiche Spatheisensteine anwendbar, welche bei hohem Brennmaterialaufwande Spiegeleisen, bei geringem weisstrahliges, bei noch geringerem gemeines weisses Roheisen geben.

Der zweite Fall tritt z. B. bei kieselsäurehaltigen Rotheisensteinen ein, welche am vortheilhaftesten auf graues Giesereiroh-eisen verarbeitet werden.

Der dritte Fall kann bei Brauneisenerzen vorkommen, welche sich dann am besten auf ein lichtgraues Roheisen verschmelzen lassen und der vierte Fall paßt auf viele Magneteisensteine, welche weisse oder halbirte meist zum Frischen geeignete Roheisensorten liefern.

Da man durch zweckmäßige Gattirung und Beschickung den Schmelzpunkt der Schlacke bestimmen kann, so ist die Reduzirbarkeit des Erzes, welche sich in manchen Fällen durch Vorbereitungsarbeiten vergrößern läßt, in der Praxis hauptsächlich für die zu wählende Ofenkonstruktion maßgebend.

Wärmeverbrauch. *)

Die Wärme, welche nöthig ist, um den Hochofenprozeß auszuführen, wird lediglich vor den Formen durch Verbrennen des Kohlenstoffs zu Kohlensäure und Kohlenoxyd erzeugt. **)

Von allen Versuchen, die Wärme vor den Formen künstlich zu erhöhen, ist nur die Erhitzung des Windes von Erfolg gewesen. Einblasen von Kohlenstaub mit dem Winde, Elimination des Stickstoffs durch Erzeugung von Kohlenoxyd aus stickstofffreier Kohlensäure (Schinz), Einführen eines Gemenges von Kohlenoxyd und Luft, hat bisher nicht zu ökonomischen Resultaten geführt; Zurückführen der Gichtgase durch die Formen kommt einer Concentration des Stickstoffs gleich.

*) Schinz, Dokumente, betreffend den Hochofen.

**) Vergl. Seite 51 und 90.

Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennend giebt 8080 W.-E., während durch die Vergasung desselben 3297 W.-E. latent werden; durch die Reduktion zu Kohlenoxyd gehen ebenso viel W.-E. verloren, als die Differenz zwischen dieser und der Wärmemenge beträgt, welche der Kohlenstoff bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd entwickelt. Bei der Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd werden 2473 W.-E. entwickelt, während ebenfalls 3297 W.-E. latent bleiben. Es werden also $(8080 - 2473) - 2473 = 3134$ W.-E. gebunden.

Von der durch die Verbrennung des Kohlenstoffs erzeugten Wärme geht ein Theil durch Ausstrahlung der Hochofenwände für den weiteren Prozeß verloren.

Dieser Verlust ist im Gestell am größten, und zwar um so größer, je kleiner das Verhältniß des Querschnitts zum Umfange ist. Daher ist der Kreis die beste Form des Horizontalquerschnittes und der größere Durchmesser der günstigere. — Sumpfföfen wirken in dieser Beziehung weit ungünstiger als Blauöfen.

Die dem Ofen erhaltene Wärme wird zuvörderst zum Schmelzen von Roheisen und Schlacke verwendet und dadurch zum Theil latent.

Die latente Wärme des Gufseisens wird von Schinz im Mittel zu 139 W.-E. für weißes, zu 175 W.-E. für graues und zu 60 W.-E. für Hochofenschlacken, die erstere von Anderen zu nur 46 W.-E. angegeben.

Die übrig bleibende Wärme wird bis auf die geringe Menge, welche mit den Gichtgasen entweicht, zur Vorwärmung der Materialien bis zum Schmelzpunkte und zur chemischen Veränderung derselben verwendet.

Die chemische Veränderung besteht vorwiegend in der Reduktion der Oxyde des Eisens. Geschieht die Reduktion des Eisens durch Kohlenoxyd (indirekte Reduktion *), so wird weder eine wesentliche Wärmemenge entwickelt, noch absorhirt.

1 Gew.-Th. Kohlenstoff in der Form des Kohlenoxydes verbrennt mit Sauerstoff zu Kohlensäure unter Entwicklung von $8080 - 2473 = 5607$ W.-E., die acht Gew.-Th. Sauerstoff enthaltende Kohlenoxydgasmenge daher mit 33642 W.-E.; die zu acht Gew.-Th. Eisen gehörige Eisenmenge entwickelt nun bei ihrer Verbrennung (zu Oxydoxydul) beinahe gleich viel, nämlich 32972 W.-E. Dieselbe Wärmemenge wird zur Trennung des Sauerstoffs vom Eisen verbraucht, mithin die entwickelte Wärmemenge beinahe ganz absorhirt.

Geschieht die Reduktion durch festen Kohlenstoff (direkte Reduktion **), so wird eine bedeutende Wärmemenge gebunden.

*) Vergl. Seite 91.

**) Vergl. Seite 92.

Für jedes Aequivalent Sauerstoff (8 Gew.-Th.) werden 14838 W.-E. entwickelt, dagegen durch die Reduktion ebenfalls 32972 W.-E. verbraucht. Es gehen also 18134 W.-E. verloren.

Daher verbraucht man zur Ueberführung eines Rohganges, welcher durch eine zu leichtflüssige Beschickung oder durch Vorrollen von Erzen gebildet worden war, in den Gargang einen sehr hohen Brennmaterialaufwand. — Aus kiesel-saurem Eisenoxydul wird ein Theil des Eisens nur durch festen Kohlenstoff reduzirt. *) Daher verbrauchen eisenhaltige Schlacken einen verhältnißmäßig hohen Brennmaterialaufwand, wenn sie nicht vor Eintritt der Schmelzung reduzirt, oder wenn sie erst nach Eintritt der Schmelzung gebildet worden sind.

Ebenso wird Wärme verbraucht, wenn bereits durch Reduktion gebildete Kohlensäure durch festen Kohlenstoff wieder in Kohlenoxyd reduzirt wird.

5607 W.-E. werden durch die Reduktion verbraucht, 2473 W.-E. durch die Verbrennung zu Kohlenoxyd erzeugt, es gehen mithin 3134 W.-E. verloren.

Es wird ferner Wärme verbraucht zur Zersetzung der roh in den Ofen gegebenen kohlen-säurehaltigen Erze und Zuschläge, sowie zur Verkohlung roher Brennmaterialien.

Die Verbindungswärme des Kalkes und der Kohlensäure, also auch diejenige, welche zur Trennung dieser Bestandtheile verbraucht wird, ist zu 251 W.-E. und 263 W.-E. für die Gewichtseinheit Kohlensäure gefunden worden.

Die zur Austreibung jeder Gewichtseinheit Steinkohlengas aus rohen Kohlen nöthige Wärme beträgt nach Erbreich 2514 W.-E.

Endlich wird Wärme zur Zersetzung der Hydrate und Verdampfung des hygroskopischen Wassers verbraucht.

Die latente Wärme des Wasserdampfes ist nach Regnault 536,67 W.-E.

Neben diesen wesentlichen Vorgängen, welche Wärme verbrauchen, kommen noch einzelne andere in Betracht, welche sich nach den jedesmaligen Verhältnissen sehr verschiedenartig gestalten. Zu diesen gehören besonders die Zersetzung des Wasserdampfes aus der Gebläseluft **), die Reduktion der Kieselsäure zu Silicium, die Reduktion der Manganoxysäure und die Reduktion der Phosphorsäure, Prozesse, welche sämmtlich Wärme absorbiren, soweit sie durch festen Kohlenstoff erfolgen; die Oxydation von Eisen durch den Gebläsewind erzeugt dagegen Wärme,

*) Vergl. Seite 15.

**) Vergl. Seite 93.

Dreizehnter Abschnitt.

Die Produkte des Hochofens.

Die wesentlichen Produkte des Hochofens sind Roheisen, Schlacke und Gichtgase. Die letzten sind bereits im achten Abschnitte *) behandelt. Roheisen und Schlacke sammeln sich unter den Formen des Hochofens an und trennen sich nach ihrem spezifischen Gewichte. Die in gröfserer Menge erzeugte Schlacke fließt beständig ab, das Roheisen wird in Zwischenräumen, nämlich stets nachdem es bis in die Nähe des Formenniveaus aufgestiegen ist, abgestochen.

Die Schlacke.

Die Schlacken sind Gläser von Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde, oft mit Magnesia- und Manganoxydulgehalt und einer bei gutem Gange sehr geringen Menge Eisenoxydul oder Eisenoxyd. Fast nie fehlen Alkalien, selten Schwefelerden oder Schwefelmangan. Untergeordnet kommen Titan, Vanadin, Fluoride und Phosphoride, schwefelsaurer Baryt und Kalk vor. Der Silicierungsgrad ist meist kein einfacher, sondern weist auf ein Gemisch von Singulo- und Bisilikat.

Kokshochofenschlacken nähern sich meist dem Singulo-, Holzkohlenofenschlacken dem Bisilikate. Erstere fließen stets leicht von selbst, letztere müssen oft mit Krücken abgezogen werden.

Die Hochofenschlacken zeigen meist blasse Farbentöne von Grün, Blau und Gelbbraun.

Zuweilen kommen lebhaft grüne oder blaue Farben vor, deren erstere durch Mangan hervorgerufen werden, während letztere dem Eisenoxyd (bei besonderer Lichtbrechung) ihre Entstehung verdanken. Das Blau hat man z. Th. einem Gehalt an Titan, Vanadin oder künstlichem Ultramarin, wie es indessen scheint, mit Unrecht zugeschrieben.

Bei langsamer Abkühlung (Tempern) entstehen aus den Gläsern steinige Schlacken, zuweilen krystallinische Massen. Krystalle kommen häufig vor, sind aber nicht immer von der Zusammensetzung der Schlacke.

Tetragonal: Nach Gehlenit und Humboltilith (Singulosilikat); hexagonal: nach Smaragd (Bisilikat); rhombisch: nach Peridot (Singulosilikat); monoklinoedrisch: nach Pyroxen, Hornblende (Bisilikat), Labrador (Trisilikat).

*) Vergl. Seite 91.

Durch Ausscheidungen entstehen porphyrartige, durch Mischung verschiedener Schlacken variolithartige Produkte. Schwefelhaltige Schlacken zerfallen unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff an der feuchten Luft. Durch Berührung mit Wasser werden die Schlacken bimsteinartig (schaumig).

Man ließ die Schlacke früher allgemein auf einer geneigten Ebene (der Schlackentrift) hinablaufen und schaffte sie nach dem Erstarren in Karren fort, jetzt fängt man sie kurz nach ihrem Austritte aus dem Ofen im heißen Zustande in Wagen (Schlackenwagen) auf und befördert sie in denselben zur Halde. Ihre Verwendbarkeit (als Pflaster- und Bau-Material, im granulirten Zustande zur Mörtelbereitung, als Zusatz für Flaschenglas) ist noch nicht genügend zur Beseitigung der fortlaufenden Produktion.

Schlacken, welche mechanisch eingeschlossene Eisenkörner enthalten (namentlich zähe vom Holzkohlenbetriebe) werden gepocht und verwaschen.

Das Roheisen.

Das Roheisen wird nach dem Abstich in Formen aus Eisen (für weißes) oder Sand (für graues Roheisen) geleitet und erstarrt darin zu Stücken, welche Gänze, Masseln oder Flossen genannt werden.

Man pflegt diese Formen theils im Freien, theils unter Dach anzulegen. Letztes empfiehlt sich bei der Erzeugung von Gießerei-roheisen.

Zuweilen wird das Roheisen direkt in Formen für Gufswaren geleitet oder mit Kellen aus dem Hochofen ausgeschöpft, selten im flüssigen Zustande in Apparate, in denen es eine Umwandlung in Schmiedeeisen oder Stahl erleidet, in Wasserbehälter behufs der Granulation oder in Gruben behufs des Scheibenreißens (Blattlhebens) geführt.

Der Abstich des Roheisens erfolgt nach Herstellung des Masselgrabens, d. h. der Verbindungsrinne zwischen den Gufsformen und dem Ofen, durch Oeffnung des Stichs *) vermittelt einer Brechstange. Das Eisen gelangt zuerst in einen Sumpf, aus dem es unter einer Schleuse (dem Wischeisen, Streicheisen, Schlackeneisen) hindurch in das eigentliche Gerinne fließt, um frei von Schlacke in die Formen zu kommen. Ist alles Roheisen und die letzte im Ofen befindliche Schlacke ausgeflossen, so wird der Stich mit einem Pfropfen aus Gestübbe (einem Gemische von Koks oder Holzkohle und Thon) geschlossen (zugemacht).

Das Gebläse wird vor dem Abstich abgestellt, damit das Eisen ruhig ausfließe. Arbeitet man mit einem Blauofen, so kann man nach Vollen-

*) Vergl. Seite 60.

derung des Abstiches sofort wieder blasen, arbeitet man mit einem Sumpfofen, so wird der Vorheerd erst vollständig gesäubert und das Gestell so viel wie möglich von Ansätzen befreit.

Bei Blauöfen dauert der Stillstand des Gebläses kaum $\frac{1}{2}$, bei Sumpfofen meist $1\frac{1}{2}$ Stunde. Schon aus diesem Grunde sind erstere den letzteren vorzuziehen.

Das Eisen mit höchstem Gehalte an chemisch gebundenem Kohlenstoffe (ca. $5\frac{0}{0}$) und einem nie fehlenden Mangangehalte (4—12, ausnahmsweis bis $20\frac{0}{0}$ *) ist das Spiegeleisen (Spiegelfloß, Spangeleisen, Rohstahleisen, Hartfloß). Es enthält meist gegen $0,1\frac{0}{0}$ Kupfer, $0,2$ — $1\frac{0}{0}$ Silicium, sehr geringe Mengen von Phosphor und Schwefel, zeichnet sich durch seine krystallinische Struktur **) und die Eigenschaft bei der Erhitzung, plötzlich aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand überzugehen, aus.

Dem Spiegeleisen schließt sich das der Regel nach weit manganärmere ($0,2$ — $1,5\frac{0}{0}$) und siliciumreichere ($0,5$ — $1,2\frac{0}{0}$) weifsstrahlige Eisen ***) (Weifsstrahl, blumiges Floß) an, dessen ebenfalls in chemisch gebundenem Zustande auftretender Kohlenstoffgehalt meist zwischen 3 und $4\frac{0}{0}$ schwankt. Es enthält nicht selten merkliche Mengen Schwefel und Phosphor, welche wohl bis zu $1\frac{0}{0}$ steigen. Es ist häufig mit zahlreichen (gerippten) Hohlräumen versehen, nach deren Gröfse man ihm den Namen grofs- oder kleinluckiges Eisen giebt. Es durchläuft beim Einschmelzen einen teigigen Zustand, welcher um so länger anhält, je niedriger der Kohlenstoffgehalt ist.

Gemeines weisses Roheisen (körniges Weisseisen, weisses gares Eisen, gekraustes Floß) enthält einen sehr wechselnden Mangangehalt (meist $1\frac{0}{0}$), neben 2 — $3\frac{0}{0}$ chemisch gebundenem Kohlenstoff meist geringe Mengen ($0,5\frac{0}{0}$) Graphit, $0,6$ — $2\frac{0}{0}$ Silicium, Schwefel und Phosphor in gewöhnlich bedeutenderen Mengen als der Weifsstrahl. Es durchläuft beim Schmelzen einen lange andauernden Zustand teigiger Consistenz.

Die kohlenstoffärmsten Varietäten bilden Uebergänge zu kohlenstoffreichem Stahl.

Das weisse Eisen vom Rohgange (grelles Eisen) unterscheidet sich in chemischer Beziehung wenig von dem vorhergehenden, ist aber durch seinen matten Glanz leicht erkennbar.

Das weisse Eisen, welches durch Abschrecken aus grauem entstanden ist, unterscheidet sich von dem letzteren nur beim Schmelzen dadurch, dafs es nicht so plötzlich in den flüssigen Aggregatzustand übergeht; bei langsamer Abkühlung wird es wieder grau.

*) Vergl. Seite 7.

**) Vergl. Seite 16.

***) Vergl. Seite 7.

Von dem gemeinen weißen Eisen finden sich in Form von Mischungen, als mehr oder minder stark halbirtes Eisen *), zahllose Uebergänge zu dem lichtgrauen Roheisen, welches bei einem Gesamtkohlenstoffgehalt von 2,3—3,5 $\frac{0}{0}$, 1—2,8 $\frac{0}{0}$ in Form von Graphit enthält. Der Siliciumgehalt des letzteren beträgt durchschnittlich 1,5 — 2,5 $\frac{0}{0}$; Phosphor und Schwefel fehlen selten, übersteigen aber gewöhnlich nicht 0,2 — 0,3 $\frac{0}{0}$; Mangan findet sich nur in geringen Mengen. Das Eisen schmilzt plötzlich ein. Dem lichtgrauen schließt sich das graue oder gemeine Gießereiroheisen an und den Schluß der Reihe machen das dunkelgraue und das schwarze Roheisen, welche bei durchschnittlich 3—4 $\frac{0}{0}$ Kohlenstoffgehalt, meist über $\frac{7}{10}$ desselben als Graphit enthalten. Mangan fehlt fast stets; Silicium ist reichlich, nicht selten bis zu 3 $\frac{0}{0}$ und darüber vertreten; der Phosphorgehalt übersteigt häufig 1 $\frac{0}{0}$. Die grauen Eisensorten gehen beim Erhitzen plötzlich aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand über.

Der Einfluß der fremden Beimengungen im Einzelnen ist im ersten Abschnitte **) besprochen worden. — Die Menge derselben wird stets nach der Beschaffenheit der Materialien und der Art des Hochofenbetriebes schwanken.

Nebenprodukte.

Gichtschwamm (Ofenbruch, Zinkschwamm, Gichtbruch) setzt sich, namentlich bei offener und kühler Gicht, in deren Nähe an und besteht hauptsächlich aus Zinkoxyd, welches oft metallisches Zink umhüllt und mit Gichtstaub ***) vermengt ist.

Der Gichtschwamm enthält meist 70—80 $\frac{0}{0}$ Zinkoxyd, wird von Zeit zu Zeit abgestoßen und als Material für Zinkhütten verkauft. Zinkstaub, mehr oder weniger durch Erz- und Kohlenstaub verunreinigtes Zinkoxyd, setzt sich in der Gasleitung und in den Verbrennungsräumen der Gichtgase ab. †)

Blei (Ofenblei). Das aus den Erzen reduzierte Blei sammelt sich unter dem Roheisen an und gelangt entweder beim Abstich der ersteren in die letzten Gußformen oder wird künstlich durch den Bodenstein geleitet ††) und in Canälen unter demselben aufgefangen.

Das Blei ist meist sehr silberhaltig und daher ein werthvolles Nebenprodukt.

Eisensau (Sau) wird die Eisenabscheidung genannt, welche sich nach einem längeren Hochofenbetriebe in und unter dem Bodensteine bildet. Sie enthält neben Eisen, welches gewöhnlich in den schmied-

*) Vergl. Seite 5.

**) Vergl. Seite 3 u. f.

***) Vergl. Seite 100.

†) Vergl. Seite 64.

††) Vergl. Seite 101.

baren Zustand übergeführt ist, die Reste des Bodensteins, Blei und Bleiverbindungen (Eisenblei *), Pyromorphit, Weißblei, Mennige), Stickstoffcyantitan (in Lagen und Krystallen **), erdige und faserige Kieselsäure (Eisenasbest, Eisenamianth), nicht selten Schwefelmetalle (Schwefelzink, Schwefelmangan, Schwefelblei), häufig Graphitabsonderungen.

Dieselben Körper kommen neben EisenoxydoxydulkrySTALLen, krystallisirtem Feldspath, Olivin u. s. w., auch in den Gestellsteinen und selbst höher hinauf im Hochofen, an und in den Wandungen vor.

Alkalische Salze (Cyankalium ***), Chloralkalien, kohlensaure Alkalien) scheiden sich da ab, wo die Gase des Hochofens Gelegenheit haben, aus dem Innern des Ofens an's Freie zu treten.

So lange Tümpel- und Gichtflamme aus dem Ofen schlugen, wurden diese Salze oft in größeren Mengen gesammelt. Jetzt gehen sie mit in die Gasleitung über und werden dort condensirt, ohne Verwendung zu finden. ✓.

Vierzehnter Abschnitt.

Beginn und Unterbrechung des Hochofenbetriebes.

Ist der Hochofen fertig gebaut, oder neu zugestellt und sodann durch Anwärmen, so weit als zur Haltbarkeit nothwendig, getrocknet, so wird er ganz oder theilweise mit Brennmaterial gefüllt, dann mit einer Marke (einem Kalksteinstücke) versehen, welche noch eine Decke von Brennmaterial erhält, und von nun ab mit regelmässig abwechselnden Schichten von Beschickung und Brennmaterial besetzt.

Sobald die Marke vor die Formen rückt, wird der bis dahin wirkende natürliche Zug durch Gebläsewind ersetzt (Anblasen), der Heerd gut gereinigt und durch den Wallstein verschlossen.

Bis zu diesem Zeitpunkte läßt man öfters die Beschickung auf einem in der Höhe des Tümpels geschlagenen Roste ruhen, durch welchen der Zug regulirt werden kann und welcher die Reinhaltung des Gestelles erleichtert.

Die Gichten sind anfänglich leichte und werden erst allmählig auf das normale Verhältniß gebracht.

*) Vergl. Seite 10.

**) Vergl. Seite 10.

***) Vergl. Seite 93.

Die Schnelligkeit mit der Letzteres geschehen kann, hängt wesentlich von der Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit des Hochofenmeisters ab und wechselt von einigen Tagen bis zu mehreren Wochen, ja Monaten. — Man pflegt übrigens stets gleiche Mengen Brennmaterial aufzugeben (pro Gicht 0,46—3,86 Cub.-Meter, durchschnittlich 0,93 Cub.-Meter Holzkohle und 6—50 Ctr., durchschnittlich 20 Ctr. Koks) und nur nach Bedarf die Erzgicht zu ändern. Der Brennmaterialaufwand für 100 Kil. Roheisen schwankt durchschnittlich zwischen 60—100 Kil. Holzkohle, 100—150 Kil. Koks oder 150—230 Kil. Steinkohle für weißes und zwischen 100 bis 150 Kil. Holzkohle, 175—250 Kil. Koks oder 200—400 Kil. Steinkohle für graues Roheisen.

Kommen Betriebsstörungen, namentlich durch Stillstand des Gebläses vor, so sucht man den Hochofen so lange, als diese dauern, in Hitze zu erhalten. Das geschieht durch das Dämmen (Eindämmen, Dämpfen), den Verschluss aller Oeffnungen, durch welche das Ofeninnere mit der Atmosphäre in Verbindung treten kann.

Unterstützt wird diese Operation zuweilen durch Aufgeben leerer Gichten und durch Rostschlagen nach Entfernung des Wallsteins.

— Das Eindämmen erhält den Ofen oft viele Wochen hindurch in betriebsfähigem Zustande.

Das Ende einer Ofenreise wird gewöhnlich durch Schadhafwerden des Gestelles, zuweilen durch unvorhergesehene oder periodisch wiederkehrende Betriebsstörungen veranlaßt.

Unvorhergesehene Betriebsstörungen werden z. B. durch Kohlenmangel, stockenden Absatz des Roheisens, periodisch wiederkehrende durch Unfahrbarkeit der Wege (in Schweden im Sommer) hervorgerufen.

Bei regelmäßigem Gange bis zum Schlusse der Hüttenreise erfolgt die Entleerung des Hochofens durch Ausblasen, d. h. durch Niedergehen der allmähig immer leichter, zuletzt leer gesetzten Gichten unter Einwirkung des Gebläses.

Um die Zerstörungen des Kernschachtes, welche in Folge der in den oberen Ofentheilen gesteigerten Hitze leicht eintreten, zu vermeiden, hält man theils den Ofen so lange mit Kohlen gefüllt, bis die letzten Schlacken und Eisenmengen aus dem Ofen entfernt sind, schließt dann alle Oeffnungen und zieht die Kohlen nach dem Erkalten und nachdem der Wallstein entfernt worden ist, aus dem unteren Theile des Ofens, oder man giebt mit dem Brennmaterial nur Kalkstein auf und gewinnt diesen dann im gebrannten Zustande.

Ist das Ende der Ofenreise durch Störungen im Betriebe des Gebläses bedingt, welche sich nicht durch Dämmen überwinden lassen, so muß nach Entfernung des Wallsteines der Ofeninhalt durch Kratzen heraus-

gezogen werden, während man zur Erhaltung des Schachtes bei leichten Gichten leichtflüssige Schlacken setzt, welche auf Ansätze im Innern lösend einwirken sollen.

Nur im Falle gänzlichen Einfrierens eines Hochofens, einer Folge von Versetzungen im Gestelle u. s. w., muß nach völligem Erkalten die erstarrte Masse mit dem Mauerwerke zugleich abgebrochen werden.

Fünfzehnter Abschnitt.

Gießerei. *)

Das Roheisen wird zum Theil ohne wesentliche Aenderung seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften zur Herstellung von Gufs- waaren verwendet.

Etwa $\frac{1}{5}$ der gesammten Roheisen-Produktion findet in dieser Weise seine Verwerthung, während $\frac{4}{5}$ zu Schmiedeisen und Stahl verarbeitet werden.

Man benutzt das Roheisen zwar theilweis sofort in dem flüssigen Zustande, in welchem es durch den Hochofenbetrieb erhalten wird, und leitet es beim Abstich in dazu vorbereitete Formen (Hüttenguß), sticht es in kleinen Mengen von Zeit zu Zeit aus dem Hochofen in Kellen ab, oder schöpft es aus dem Vorheerde oder einem seitwärts von demselben angeordneten Schöpfheerde aus, grösstentheils aber schmilzt man das in Form von Gänzen erkaltete Produkt zum Zwecke der Gufs waaren- erzeugung von Neuem ein.

Die Gründe für dies Verfahren sind theils in der Absicht zu suchen, eine Wahl treffen und eine Mengung geeigneter Eisensorten vornehmen zu können, theils in der lokalen Trennung der Eisengießereien und Hochofenwerke, welche durch Transportverhältnisse bedingt wird.

Man verwendet zum Gießereibetriebe fast ausnahmslos graues Roheisen, weil nur dieses in Folge seiner Dünnflüssigkeit und seiner Eigenschaft sich kurz vor dem Erstarren stark auszudehnen, die Formen gut und vollständig ausfüllt. Schwarzes Eisen giebt poröse Güsse und ist nur zu verwerthen, wenn es beim Umschmelzen durch Mischung mit anderen Eisensorten oder durch theilweise Oxydation in gewöhnliches graues Eisen übergeführt werden kann; weisses Eisen läßt sich überhaupt nur als Zusatz verwerthen. Für Hartguß und schmiedbaren Guß wendet man halbirtes Eisen an.

*) Dürre, Handbuch des Eisengießereibetriebes.

Der Bruch der fertigen Gufswaare ist nicht entscheidend, weil durch Abschrecken bei dünnen Theilen auch graues Eisen weiß, und durch langsame Abkühlung in großen Stücken ein lichtgraues Eisen graphitreicher erscheinen kann. — Durch Zusatz von Schmiedeseisen oder Stahl vermindert man den Kohlenstoffgehalt.

Ein Phosphorgehalt macht das Roheisen dünnflüssig, daher für Kunstguß geeignet, ein Schwefelgehalt giebt ihm die umgekehrte Eigenschaft. *)

Das Umschmelzen des Roheisens.

Das Umschmelzen des Roheisens geschieht im Tiegel, im Gebläse-Schacht- oder Cupol-Ofen und im Flammofen.

In Tiegeln (aus Thon, Graphit oder Mengungen beider) schmilzt man nur geringe Mengen Eisen für kleine Gufswaaren (Kunstguß etc.) um. Die Tiegel werden in Zugöfen, meist direkt auf den Rost gestellt und mit Holzkohle oder Koks erhitzt. Das umzuschmelzende Roheisen wird in Form von kleinen Brocken angewendet und mit Holzkohle oder Schlacke bedeckt.

Die Cupolöfen sind die gebräuchlichsten Umschmelzapparate. Sie bestehen aus einem von feuerfesten Ziegeln gebildeten, meist einfach cylindrischen, zuweilen in der Höhe der Windeinführung, seltener unten und oben zusammengezogenen Kernschachte, welcher von einem Mantel aus Blech oder Gufseisen umgeben ist. Durch seine obere Oeffnung (α , Fig. 109 und 110 auf Seite 148), welche sich meist direkt an einen Rauchfang anschließt, wird das Roheisen, abwechselnd mit dem Brennmaterial (Koks oder Holzkohle) aufgegeben.

Der Ofen erhält im Innern durchschnittlich 3—3,4 Meter Höhe, selten unter 1,2 oder über 6 Meter. Die Weite des gewöhnlich in allen Horizontalquerschnitten kreisförmigen Schachtes beträgt durchschnittlich 1 Meter, selten unter 0,5 oder über 2 Meter.

Man verbraucht auf 100 Kil. aufgegebenes Roheisen 6—30, gewöhnlich 10—15 Kil. Koks oder 25—50 Kil. Holzkohle.

Der Aufwand zum Anlassen (Füllen) des Ofens ist hierbei nicht mitgerechnet. Mit demselben steigt der Verbrauch von mindestens 7 Kil. Koks oder 30 Kil. Holzkohle, bis auf 40 Kil. Koks oder 60 Kil. Holzkohle.

Im untersten Theile des Ofens (dem Heerde) sammelt sich das geschmolzene Roheisen und die geringe Menge eisenhaltiger Schlacke an, welche sich namentlich aus den mechanischen Verunreinigungen des Roheisens (Sand), der Asche der Brennmaterialien und dem Abrieb der Ofenwandungen bildet.

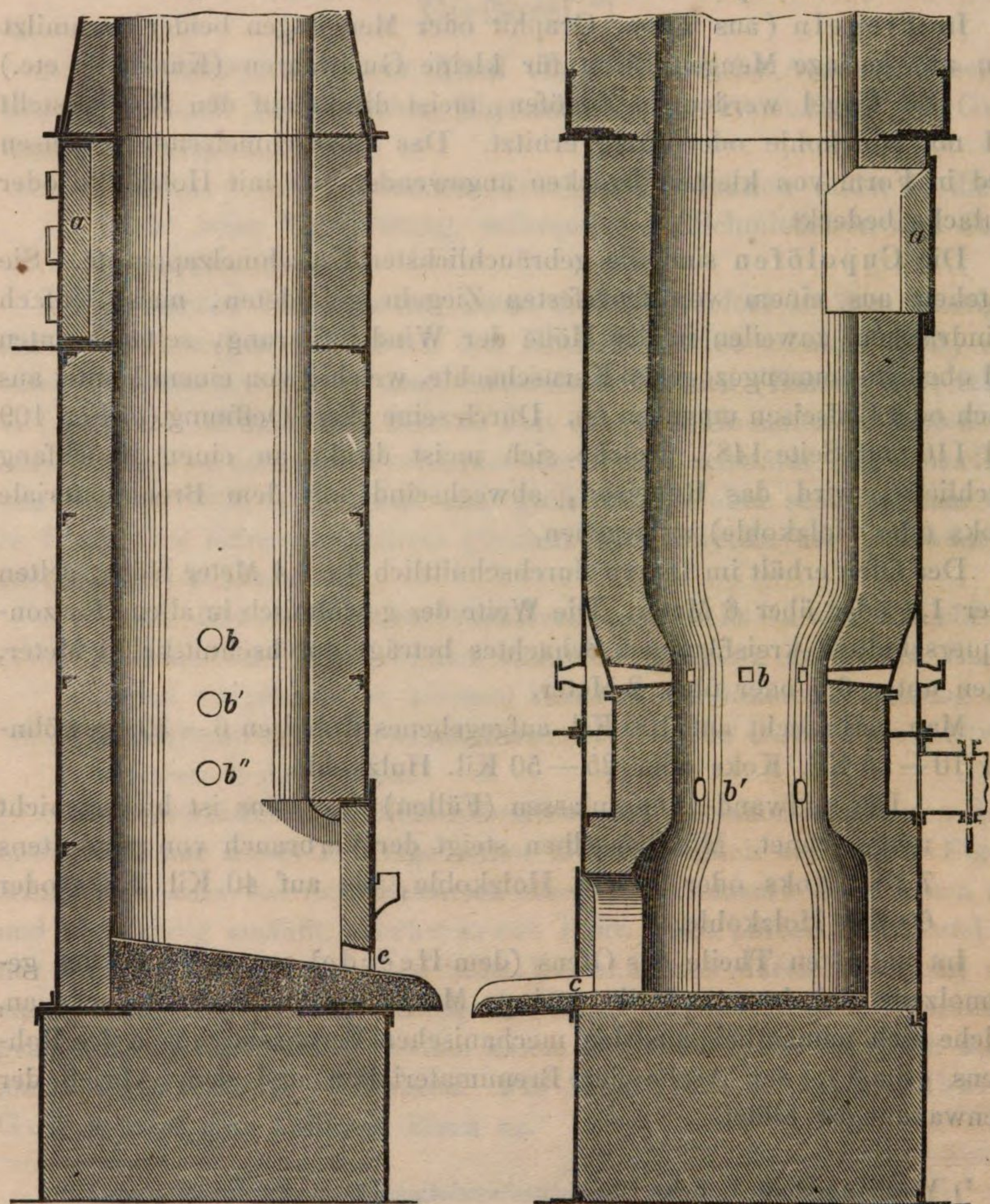
*) Vergl. Abschnitt I, Seite 13.

Nur in einzelnen Fällen giebt man geringe Zuschläge an Kalkstein, höchstens $2 - 4 \frac{0}{0}$ des Roheisens, um die Eisenverschlackung zu vermindern.

Meist ist der Heerd nur eine einfache Fortsetzung des Ofenschachtes (wie in Fig. 109), zuweilen ist er, um größeren Fassungsraum zu gewinnen, erweitert (wie in Fig. 110, Ireland'scher Ofen), wodurch gleichzeitig eine grössere Concentration der Hitze in dem verengten Theile erreicht wird, zuweilen ist er ganz vom Schachtraume getrennt, vor demselben angelegt und mit ihm nur durch einen Canal verbunden (Krigar'scher Ofen). Das flüssige Gufseisen wird aus dem Heerde durch ein Stichloch (*c*, Fig. 109 und 110) nach Bedarf abgezapft.

Fig. 109.

Fig. 110.



Der Heerd ist über dem Stich, oft auch gleichzeitig auf der Rückwand mit Einsatzthüren versehen, welche entfernt werden, um den Ofen nach Vollendung des Schmelzens von Schlacke zu reinigen. Zuweilen kann auch der Heerd vom Ofen durch Senkung getrennt, auf Rädern fortgefahren und umgestürzt werden (W. Wedding's Ofen).

Der Abgang beim Schmelzen beträgt 3 bis 10 $\frac{0}{0}$ des aufgegebenen Eisens.

Der Wind wird theils durch nur eine Form, theils durch mehrere in einer Ebene vertheilte Formen (Sefström'scher Ofen), selten durch zwei oder mehrere übereinander liegende Reihen (b und b' , Fig. 110 auf Seite 148) in den Ofen geblasen.

Soll der Ofen zum Schmelzen wechselnder Eisenmengen gebraucht werden, so wird die Form (b'' , Fig. 109) nach und nach in ein höheres Niveau (b' , b) verlegt. — Zuweilen hat man den Wind durch einen ringförmigen Schlitz zuzuführen versucht.

Der Gebläsewind bedarf für den Cupolofenbetrieb keiner hohen Pressung und man bedient sich daher hier seltener der Kolbengebläse *) als für den Hochofenbetrieb.

Die am häufigsten für den Cupolofenbetrieb benutzten Gebläse sind vielmehr die Ventilatoren. **)

Ventilatoren lassen sich leicht an jedem Orte, nach welchem eine rotirende Bewegung vom Motor zu verpflanzen ist, aufstellen, liefern bei geringem Raume die nöthigen Windmengen, welche sich in weiten Gränzen durch die Umdrehungsgeschwindigkeit verändern lassen, und bedürfen keiner Regulatoren.

Ein Ventilator ist ein Flügelrad, welches in ein Gehäuse eingeschlossen ist. Bei der Umdrehung des Flügelrades wird die Luft durch Centrifugalkraft vom Centrum zur Peripherie gedrängt. Es wird daher stetig frische Luft an der Nabe (bei a Fig. 111 auf Seite 150) angesaugt und gepresste Luft an der Peripherie hinausgeschleudert, von wo sie ihren Ausweg durch eine Oeffnung (b) in die Windleitung findet.

Einen einfachen Ventilator stellen Fig. 111 und 112 auf Seite 150 in zwei rechtwinklig zu einander stehenden Vertikalschnitten dar. — Zuweilen läßt man die Luft an der der Eintrittsoffnung entgegengesetzten Seite ausströmen und bedarf dann doppelt gekrümmter Schaufeln (Fig. 113 auf Seite 150, wo abb' den Weg der Luft bedeutet — Schwarzkopff's Ventilator —); zuweilen wird auch die Luft von beiden Seiten eingeführt, um durch Aufhebung des Seitendrucks die Lagerung der Welle zu erleichtern. — Die Schaufeln sind theils gerade, theils einfach oder doppelt gekrümmt.

*) Vergl. Seite 54 und 66. **) Vergl. Hauer, Hüttenwesensmaschinen, Seite 122; Dürre, Gießerei I, Seite 577 u. f.

Fig. 111.

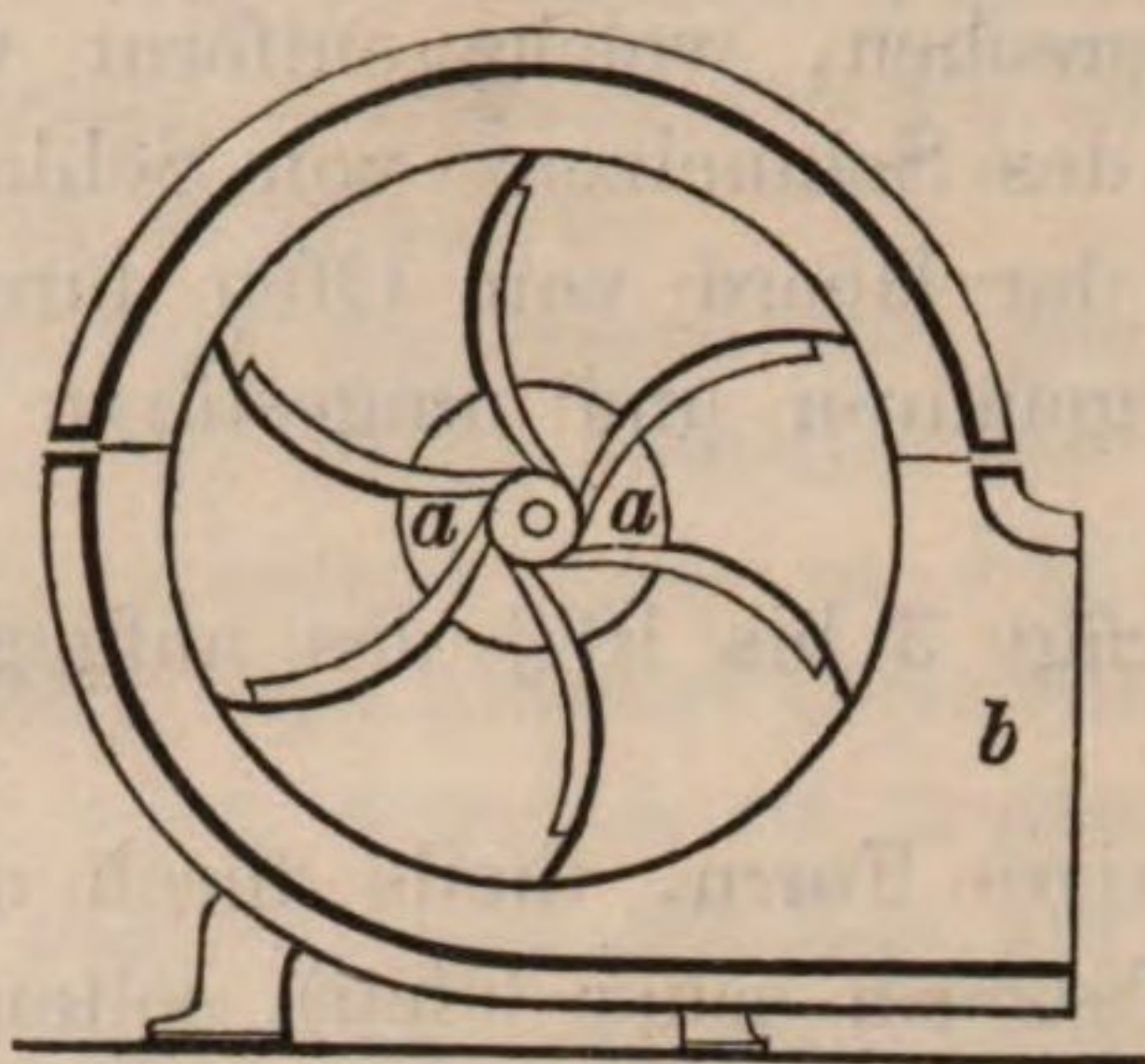


Fig. 112.

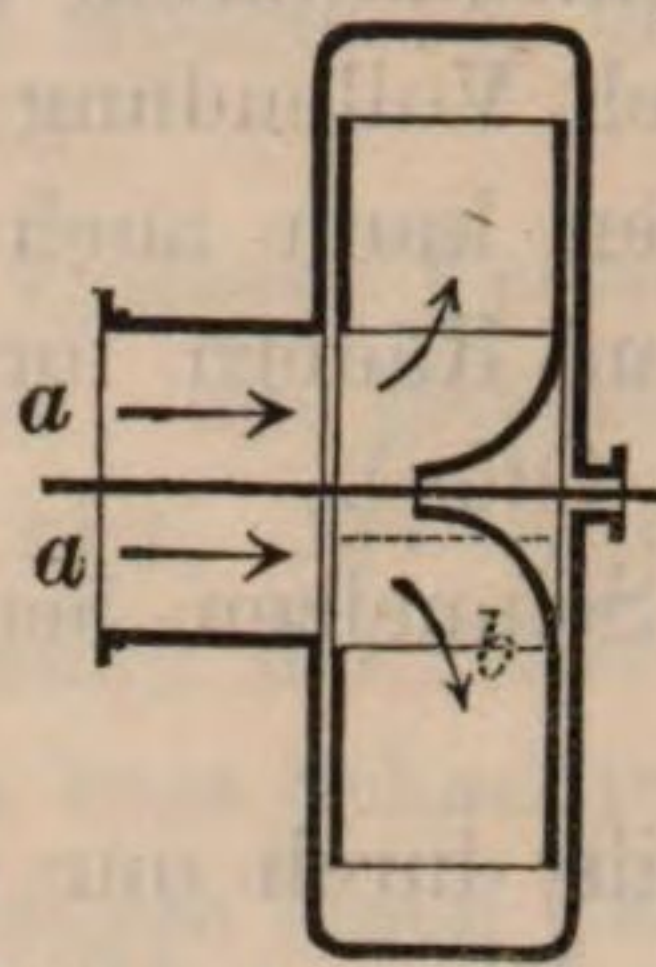
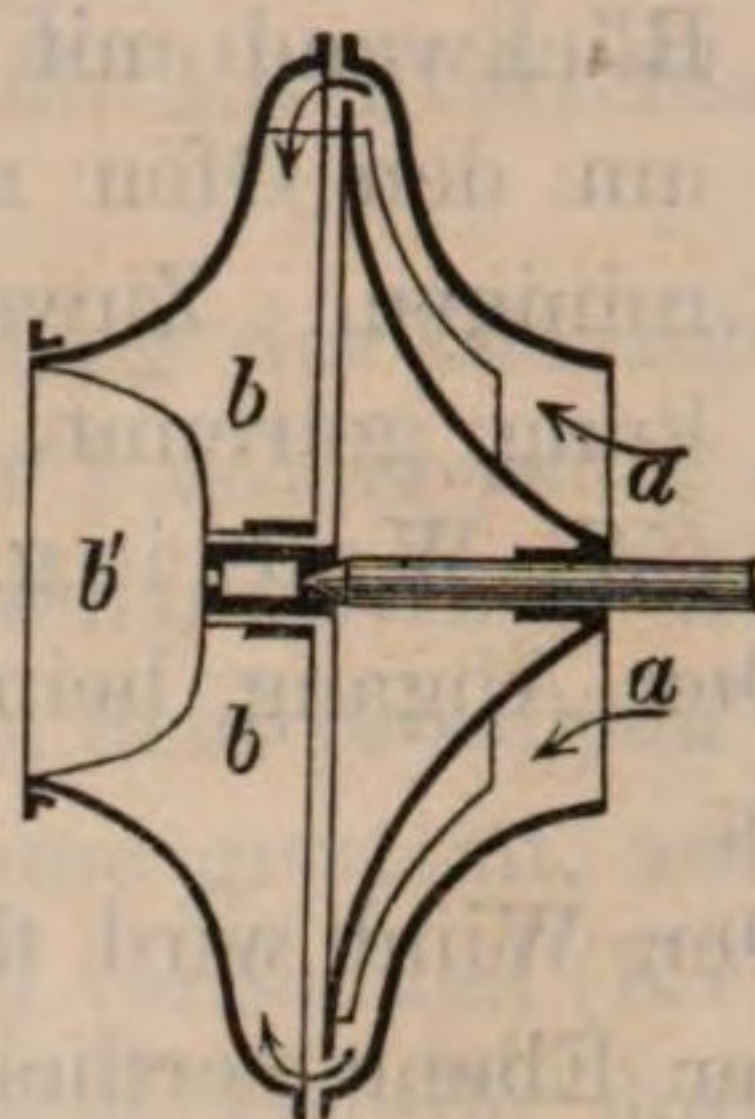


Fig. 113.



Der Wirkungsgrad der Ventilatoren ist meist 0,25 und lässt sich selten auf 0,3 steigern. Die nöthige Betriebskraft V ist
$$= \frac{13600 m H}{\varepsilon}$$

zu setzen, wenn m die pro Sekunde zu liefernde Windmenge von atmosphärischer Spannung und Temperatur *), H die zu erzeugende effektive Manometerhöhe am Anfange der Windleitung gemessen in Metern Quecksilbersäule **), ε der Wirkungsgrad des Ventilators ist.

Das Windquantum wächst proportional zur Schaufelbreite und zur Peripheriegeschwindigkeit.

Ein Cupolofen verlangt zum Betriebe 7—18, durchschnittlich 9—11, selten bis 20 Cub.-Meter Wind pro Minute, dessen Pressung für Koks gewöhnlich 5—10 Centimeter Quecksilber beträgt und selten bis auf 15 Centimeter gesteigert wird ***), während für Holzkohlen 2—3 Centimeter genügen.

Selten wendet man an Stelle der Ventilatoren, Kapselgebläse †), Kettengebläse (Paternostergebläse ††) oder Schraubengebläse (Cargniardellen †††) an.

In Fig. 114, Seite 151, ist ein Kettengebläse dargestellt. Eine mit Scheiben versehene endlose Kette ee läuft über ein Rad und geht zur Hälfte (im absteigenden Zweige) durch ein Rohr d , in welches von oben das Wasser aus a einfließt, während es unten mit dem Windbehälter c verbunden ist. Die Scheiben bestehen aus zwei Klappen, welche sich beim Eintritt in das Wasserreservoir b öffnen. Sie gestatten dadurch der Luft, welche zwischen je zwei Scheiben und dem darauf befindlichen, als Gewicht wirkenden Wasser eingeschlossen war, freien Austritt. Schnelle Abnutzung, häufige Reparaturen, das Erforderniß eines hohen Gefälles (ca. 10 Meter) sprechen meist gegen die Anwendung dieser Gebläse, welche durchschnittlich einen Wirkungsgrad von 0,6 haben.

*) Vergl. Seite 89. **) Vergl. Seite 88. ***) Vergl. Seite 88. †) Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes 1868, Seite 42. ††) Hauer, Hüttenwesensmaschinen, Seite 115. †††) Ebend. Seite 120.

In Fig. 115 ist ein Schraubengebläse dargestellt. Ein Eisenblechcylinder m umschließt einen ebenfalls aus Blech hergestellten Schraubengang pp . Er rotirt um die geneigte Axe ab und taucht dabei theilweise in einen Wasserbehälter B ein. Bei der Rotation wird die durch den Boden an der Nabe, von b aus, eingetretene Luft nach a zu fortgeschraubt, dabei in dem Schraubengange auf einen sich stets verkleinernden Raum gebracht, daher zusammengedrückt und endlich aus k durch das feststehende Rohr w in die Windleitung befördert.

Fig. 114.

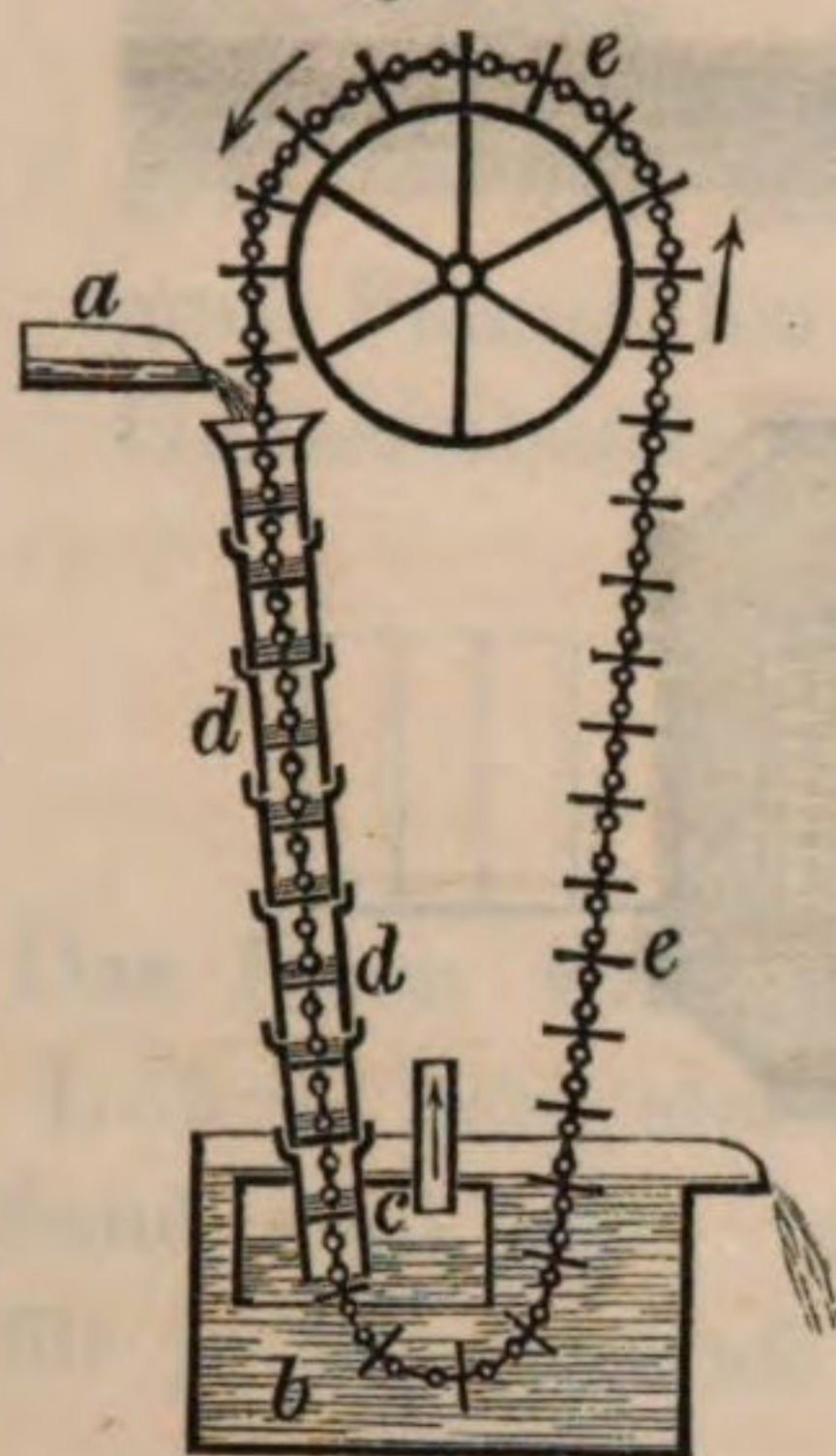
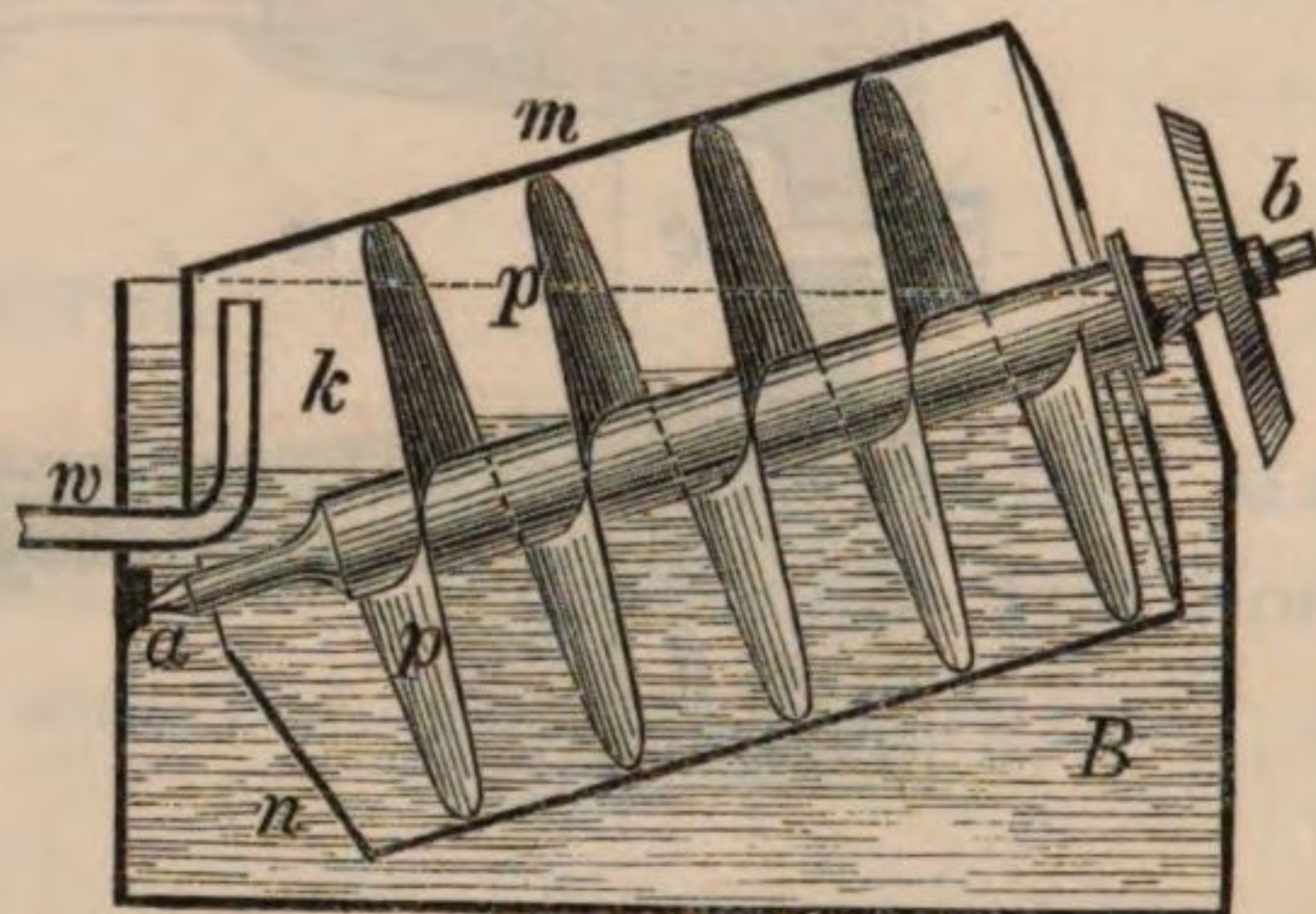


Fig. 115.



Der Wirkungsgrad der Schraubengebläse ist ein sehr hoher (0,88—0,90), die Abnutzung eine sehr geringe, aber die Schwierigkeit, einen geeigneten Raum zur Aufstellung zu finden, ein Hinderniß häufiger Anwendung.

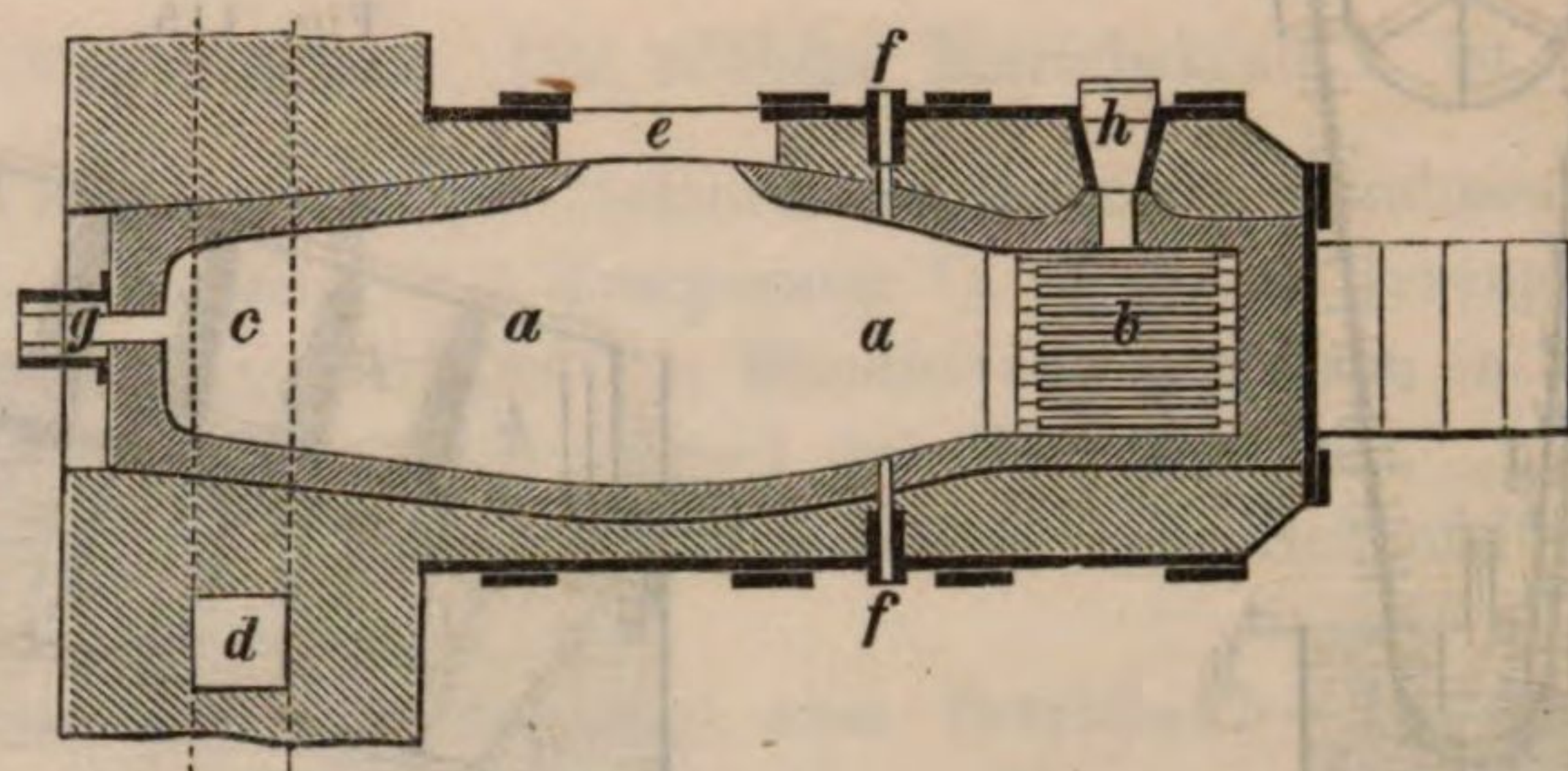
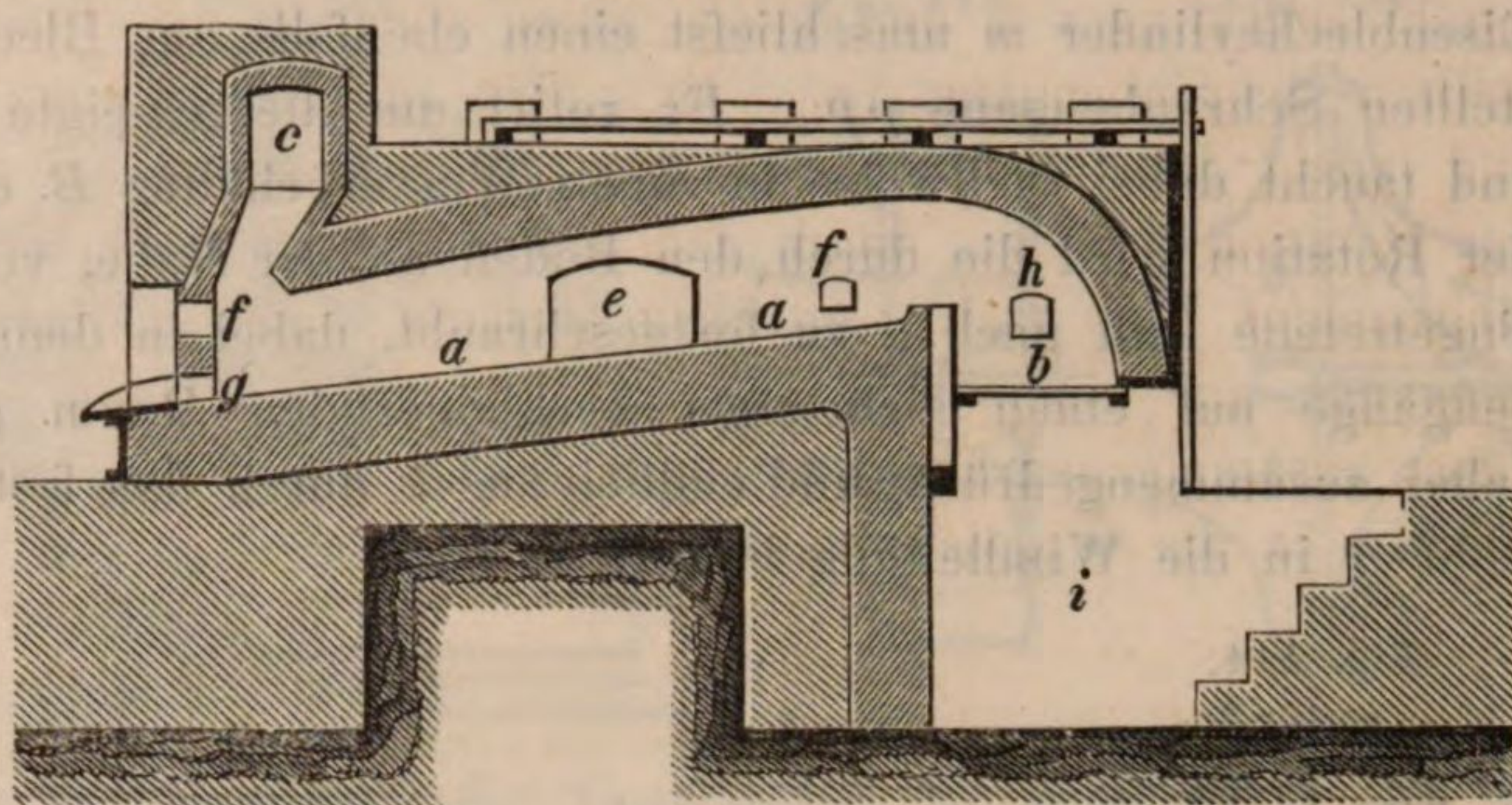
Eine (Schwamkrug'sche) Cargniardelle von 2,67 Meter Durchmesser und 0,7 Meter Gewindeweite liefert bei 6—7 Umdrehungen per Minute 23—26 Cub.-Meter Wind von 0,5—0,7 Meter (Wassersäule) Pressung. *)

Die zum Umschmelzen des Roheisens benutzten Flammöfen bestehen aus einem Heerde, einem Feuerraume und einer Esse. Der Feuerraum ist vom Heerde durch die Feuerbrücke getrennt und mit der Esse durch einen Kanal den Fuchs verbunden. Das Eisen wird durch eine Thür eingesetzt und durch ein Stichloch, welches mit dem tiefsten Theile des Heerdes in Verbindung steht und meist an der kurzen Seite des Ofens dem Feuerraume gegenüber liegt, abgestochen.

In Fig. 116 u. 117, Seite 152, ist ein Flammofen dargestellt. a ist der Heerd, auf welchen das kalte Eisen durch die Thür e gebracht wird. Das flüssige Eisen wird bei g abgestochen. Durch die

*) Weisbach, Ingenieur und Maschinen-Mechanik III., Seite 1165.

Fig. 116 und 117.



Oeffnungen *ff* beobachtet man den Schmelzprozess, hilft wenn erforderlich beim Einschmelzen nach und kann durch dieselben auch Luft eintreten lassen. Das Brennmaterial wird auf dem Roste *b* verbrannt, auf welchen es durch die Thür *h* gelangt. Die Asche sammelt sich in dem Raume *i*. Die Flamme schlägt über den Heerd *a*, geht in den Fuchs *c* und von dort zur Esse *d*, welche zuweilen mehreren Oefen gemeinschaftlich ist.

Die freie Rostfläche pflegt 0,8 der totalen zu betragen, der Querschnitt des Ofens über der Feuerbrücke 0,4—0,5, der Querschnitt des Fuchses 0,1—0,2 der freien Rostfläche. Der Heerd ist meist 3—5fach so groß als die totale Rostfläche und 2—3 mal so lang als breit.

Der Heerd wird aus Sand gebildet und hat meist die Form einer einfach geneigten Ebene (gestreckter Heerd), zuweilen aber ist er sumpfförmig vertieft. Das Gewölbe des Ofens besteht aus feuerfesten Steinen. Das gesamte Mauerwerk wird durch Eisenplatten und Anker zusammengehalten.

Die Größe der Flammöfen variirt sehr, ist aber meist auf einen Fassungsraum von 60—100, mindestens für 4—6, indessen auch für 150—200 Ctr. flüssigen Eisens berechnet.

Der Brennmaterialverbrauch beträgt 50—90 $\frac{0}{0}$ vom eingesetzten Roheisen an Steinkohle oder 100—130 $\frac{0}{0}$ an Holz, der Eisenabgang durchschnittlich 6—10 $\frac{0}{0}$, selten bis 20 $\frac{0}{0}$.

Flammöfen wendet man nur da an, wo rohes Brennmaterial sehr billig ist, ferner zum Einschmelzen großer, schwer zu zerkleinernder Stücke (Walzen, Kanonen) und endlich dann, wenn das Roheisen beim Einschmelzen verändert werden soll.

Diese Veränderung findet wesentlich unter dem oxydirenden Einflusse der Luft statt und besteht vorzüglich in einer Verminderung des Siliciumgehaltes und einer daraus folgenden Verringerung des Graphits, der in den chemisch gebundenen Zustand übergeht. — Für Hartgufswalzen, Kanonen u. s. w. wendet man daher gern Flammöfen an, wogegen für einen gewöhnlichen, fortlaufenden Gießereibetrieb stets Cupolöfen vorzuziehen sind.

Förmerei.

Das Eisen wird in Formen gegossen, welche aus Sand, Masse oder Lehm hergestellt sind oder aus Eisen bestehen. Die Formen aus Sand sind stets, die aus Masse und Lehm meist verloren, d. h. nur für je einen Guß benutzbar.

Sandförmerei.

Der Sand, aus dem die Formen für Eisengufswaaren hergestellt werden sollen, wird im nassen (grünen) Zustande und mit Kohlenstaub vermischt angewendet.

Die Feuchtigkeit ist im richtigen Maasse vorhanden, wenn der Sand beim Ballen einen festen Klumpen bildet, ohne die Hand zu benetzen. — Je feuchter der Sand ist, um so mehr wird das Eisen abgeschreckt. — Der Kohlenstaub (6—7 Vol. Proz.) giebt die nöthige Porosität, um dem Wasserdampfe und anderen Gasen freien Abzug zu gestatten.

Der Sand muß durch Pressung (Stampfen) einen hinreichenden Zusammenhang erhalten, um dem Druck des flüssigen Eisens zu widerstehen, porös sein, um den beim Gießen entwickelten Gasen hinreichenden Abfluß zu gewähren, Feuerbeständigkeit besitzen, um ein Anbacken des Gusses zu verhüten und darf selbst keine Gase entwickeln (auftreiben).

Der Sand muß daher aus gleichmäßigen eckigen Körnern bestehen, wenig thonhaltig, frei von Staub und größeren Stücken, möglichst frei von Kalk, Eisenoxyd, Alkalien u. s. w., welche die Schmelzbarkeit befördern, sowie von kohlensauren Salzen sein.

Sandformen werden nach Modellen hergestellt, welche aus Holz, Eisen oder Messing bestehen.

Modelle aus Blei, Gyps, Wachs u. s. w. kommen selten zur Anwendung. Ebenso werden Chablonen nur selten benutzt. — Häufiger benutzt man für symmetrische Formen Theilmodelle, z. B. für Zahnräder ein Modell von zwei oder drei Zähnen, welches an einer Theilscheibe (Räderformmaschine) verschoben wird.

Die Modelle müssen um das Schwindmafs des Eisens gröfser als das zu fertigende Gufsstück sein.

Das lineare Schwindmafs für Gufseisen ist durchschnittlich $\frac{1}{96} - \frac{1}{97}$, bei sehr hellgrauem Eisen $\frac{1}{98}$, bei dunkelgrauem $\frac{1}{95}$.

Holzmodelle erhalten einen Ueberzug von Schellackfirnis; Metallmodelle werden erwärmt angewendet.

Die Form wird entweder im Sande der Hüttensohle hergestellt (Heerdgufs), oder der Sand wird in eiserne Rahmen gefüllt (Kastengufs).

Der Heerdgufs wird für Gegenstände benutzt, welche auf einer (der Ober-) Seite nur eine rauhe horizontale Fläche zu besitzen brauchen, der Kastengufs für ringsum bestimmt begränzte Gufswaren.

Beim Kastengufs braucht man zur Herstellung einer Form der Regel nach zwei, häufig aber auch mehrere, auf- und aneinander passende Kästen (Laden, Flaschen).

Die gegenseitige Stellung derselben wird durch den Eingriff von Stiften des einen, in Oesen des anderen Kastens bestimmt.

Das Modell wird zuvörderst mit gut gesiebttem Formsande bestreut, welcher eine glatte Fläche bildet und in alle Vertiefungen des Modells eindringt. Der übrige Formsand wird sodann in die Kästen und um das Modell vermittelt der Finger eingedrückt und mit hölzernen oder erwärmten eisernen Stampfen eingestampft.

Zuweilen bedient man sich mechanischer Mittel zum Einstampfen (z. B. bei Röhren).

Um das Herausfallen des Sandes aus den Kästen zu verhindern, sind dieselben mit vorspringenden Rändern, zuweilen auch mit Querrippen versehen. Bei gröfserer Flächenausdehnung werden ausserdem verzweigte Stangen (Hängeeisen, Gehänge) eingelegt, welche vor dem Einstampfen des Sandes in eine Lehmsuppe eingetaucht worden sind.

Scharfkantige Ränder werden mit gebogenen Drathstiften befestigt.

Die Trennung der Sandschichten zweier aneinanderstossender Kästen wird durch Streusand (sehr trocknen und scharfen Sand), seltner durch trocknes Thonmehl ermöglicht.

Der zum Eingiefsen des Metalls nöthige Canal (der Eingufs) wird durch ein besonderes hölzernes Modell gebildet und mufs eine Form

haben, welche eine leichte Trennung nach dem Erkalten des Gufsstücks gestattet. Er muß mit seinem oberen Ende höher liegen, als der höchste Theil des auszufüllenden Hohlraumes, kann aber in jeden beliebigen Theil der Form, z. B. in den Boden einmünden (ab- und aufsteigender Gufs).

Bei dem Zusammenziehen des Eisens (dem Saugen, Nachsacken) dient das im Eingufs befindliche Metall als Ersatz. Der Eingufs muß daher hinreichende Gröfse besitzen. Gleichzeitig übt die darin befindliche Metallsäule durch ihren Druck einen günstigen Einfluß auf die Dichtigkeit des Gufsstückes.

Um die Luft bei der Füllung mit Metall aus der Form zu bringen, muß der höchste Theil des Hohlraumes durch einen Canal (die Windpfeife), welcher ebenfalls durch ein besonderes Holzmodell gebildet wird, mit der Atmosphäre communiciren.

Die Windpfeife dient bei gröfseren Güssen gleichzeitig zur Beobachtung des steigenden Eisens. — Bei kleinen Güssen genügt es, an Stelle der Windpfeife, mit einer Nadel Löcher in den Sand zu stechen.

Nach vollendeter Einformung des Modells, des Eingusses und der Windpfeife werden die Kästen auseinander genommen und das ganze oder getheilte Modell wird ausgehoben. Das Modell besitzt zu diesem Zwecke Oeffnungen, in welche sich Handhaben (Schrauben) einsetzen lassen.

Zum Ausheben des Modells bedient man sich, da diese Operation grofse Vorsicht und Geschicklichkeit erfordert, mechanischer Vorrichtungen, wenn derselbe Gegenstand wiederholt geformt werden soll.

Die Innenflächen der Form werden wenn nöthig geputzt, geglättet, dann mit Kohlenstaub bestreut und abermals geglättet. Soll das Gufsstück Hohlräume erhalten, welche sich durch Sand nicht herstellen lassen, so legt man Kernstücke (Kerne) ein, welche meist aus Masse gebildet sind.

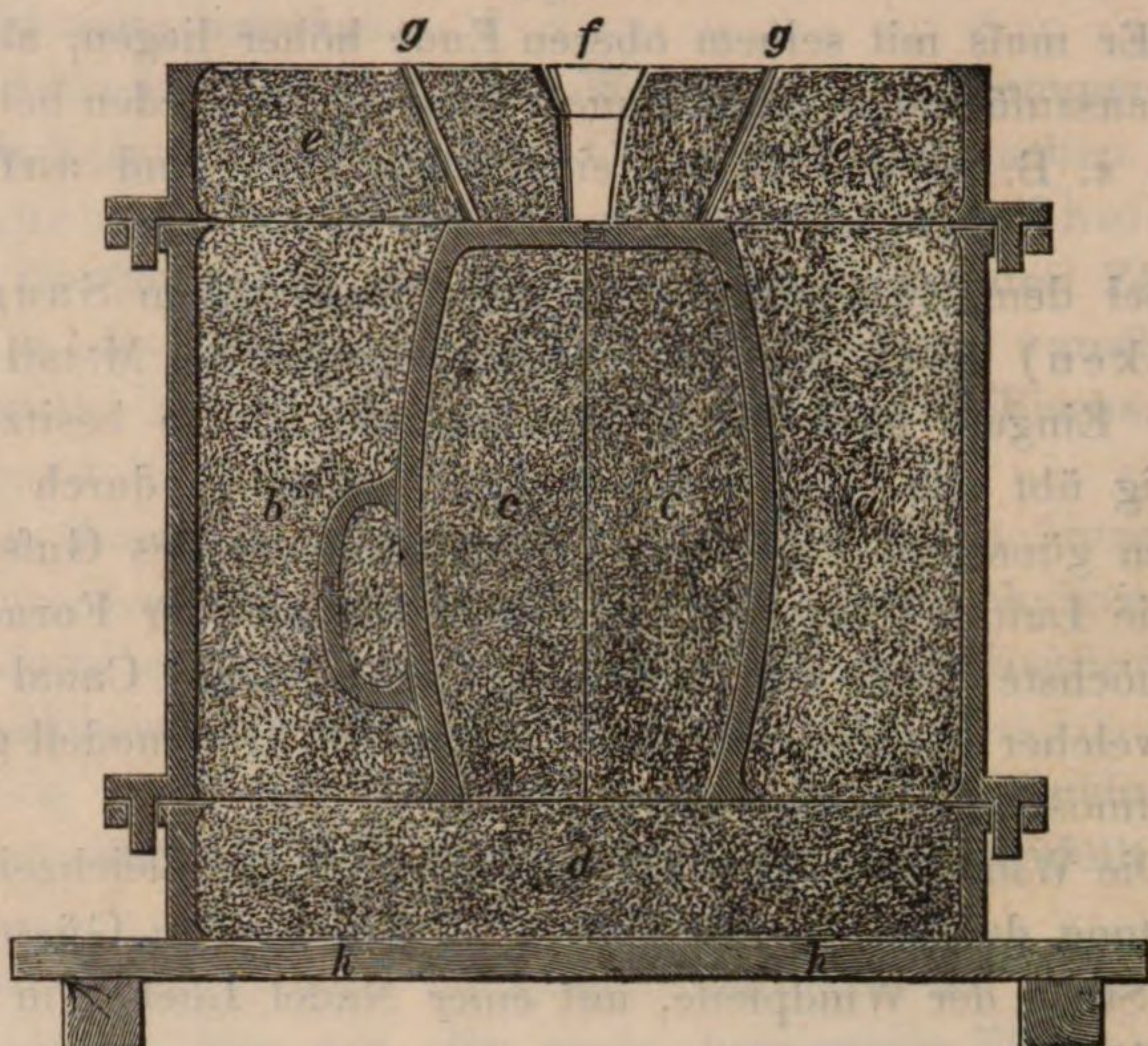
Um die Lage des Kernes zu bestimmen und ihm ein Auflager zu geben, versieht man das Modell mit Kernmarken.

Hierauf setzt man die Kästen wieder zusammen, befestigt sie an einander mit Klammern oder beschwert sie mit Eisenstücken.

Fig. 118 auf Seite 156 zeigt als Beispiel das eingeformte Modell eines Bauchtopfes. Das Modell besteht aus zwei symmetrischen Haupttheilen (c, c') und dem ebenfalls getheilten Henkel. — Die Herstellung ist folgende:

Zuerst wird die linke Hälfte des Modells (c), den Boden nach unten, auf ein Modellbrett gestellt, während an die hohle Seite ein zweites vertikal stehendes Brett kommt. Sodann wird der Mittelkasten b mantelförmig um das Modell gestellt und mit

Fig. 118.



Sand ausgestampft, während man den Henkel stumpf an das Topfmodell hält, bis er fest vom Sande angedrückt ist. Das Innere des Topfmodelles bleibt hierbei noch frei. Hierauf wird das senkrechte Brett entfernt und die Oberfläche des Sandmantels mit Streusand bestreut. Dann wird die zweite Hälfte des Modells und die zweite Hälfte des Mittelkastens *a* angesetzt und letztere mit Sand ausgestampft. Nun wird der Unterkasten *d* aufgesetzt, nachdem vorher die Oberfläche (in der Zeichnung Unterfläche) der beiden Mittelkasten besandet worden war, und das Innere des Modelles *cc'* sowie der Kasten *d* mit Sand gefüllt. Mit einer Nadel werden bis zum Boden des Topfes Luftlöcher gestochen. Jetzt wird das Modellbrett *hh* umgekehrt auf die aus den Kästen *a*, *b* und *d* bestehende Form gelegt und letztere um 180° gewendet, d. h. in die Lage der Fig. 118 gebracht. Schliesslich wird der Oberkasten *e* auf den vorher besandeten Mittelkasten aufgesetzt und mit Eingufs *f* und Windpfeifen *gg* eingeformt.

Beim Auseinandernehmen wird zuerst *e* abgehoben, nachdem die Eingufs- und Windpfeifen-Modelle entfernt sind, dann jede der beiden Hälften des Mittelkastens *a* und *b* seitwärts abgezogen und von den beiden Hauptmodelltheilen befreit. Der Kern *cc'* steht jetzt frei auf dem Unterkasten *d*. Aus dem Kasten *b* wird, nachdem er umgelegt ist, der Henkel, und zwar jede Hälfte für sich, herausgezogen. Die Kasten werden dann wieder zusammengestellt und sind fertig für den Guß. — Uebrigens hat man für Bauchtöpfe zuweilen auch dreitheilige Modelle mit getrenntem Boden.

Masseförmerei.

Die Masse (fetter Sand) ist ein thonreicherer Formsand, welcher sich daher auch mehr als magerer Sand zur Herstellung feiner Verzierungen eignet, aber nicht ohne weitere Vorbereitung zum Guß angewendet werden kann. Die Masse findet in der Kunstgießerei, der Geschützgießerei und neben Lehm zur Herstellung von Kernen und Kernstücken Anwendung.

Die Masse wird bereits vor dem Gebrauche gebrannt, dann gepocht, gesiebt und angefeuchtet verwendet.

Masseformen werden theils mit Modellen (wie Sandformen), theils mit Chablonen hergestellt. Kerne stampft man in hölzernen, zweitheiligen Kästen (Kernkästen), häufig um einen Drath oder eine Spindel.

Die fertigen Masseformen werden in Trockenstuben (Darrkammern) getrocknet, mit Schwärze oder Schlichte (einem dünnen Lehmbrei mit Holzkohlenstaub) bestrichen oder angeraucht.

Lehmförmerei.

Lehmförmerei benutzt man für große hohle Gußstücke und für Kerne. Der Lehm wird mit Wasser angerührt und mit Pferdemist, Kuhhaaren oder Häcksel gemischt.

Bei hohlen Gußstücken wird zuerst der Kern hergestellt, welcher häufig durch Eisen- oder Mauerwerk eine Stütze erhält. Derselbe wird gebrannt und geschlichtet. Darauf wird eine zweite Lehmschicht von Stärke und Form des Gußstückes (die Eisenstärke) aufgetragen, ebenfalls gebrannt und geschlichtet. Darüber kommt endlich eine letzte Hülle aus Lehm (der Mantel). Nachdem auch diese gebrannt ist, wird sie zuerst ganz oder getheilt abgenommen und erst wieder um den Kern gefügt, nachdem die Eisenstärke weggebrochen worden.

Kerne werden über Kernspindeln (hohlen und durchlochten Röhren, welche mit Stroh umwickelt sind) hergestellt.

Diejenigen Lehmformen, welche Rotationskörper sind, erzeugt man mittelst Chablonen.

Entweder dreht man die Chablone um eine feststehende Axe, oder man legt die Chablone fest und dreht die Form in einer Drehlade.

Eiserne Formen.

Eiserne Formen nennt man Schalen oder Kapseln und wendet sie an, wenn man das Gußeisen an der Oberfläche abschrecken will (Hartguß).

In den meisten Fällen wird nur ein Theil der Form aus Eisen hergestellt, der andere Theil dagegen aus Sand oder Masse gebildet.

Die Schalen, welche aus Gufseisen bestehen, werden vor dem Gebrauche mit Graphit oder Theer überstrichen.

Soll die Abschreckung gelinde sein, so erwärmt man die Schalen, soll sie stärker sein, so läßt man sie kalt, ja kühlt sie wohl auch durch Luft oder Wasser.

Das Gießen.

Das Gießen in die Formen erfolgt selten durch direkten Abstich aus dem Schmelzofen, meist durch Vermittelung von Giefskellen und Giefspfannen, in denen man das Eisen auf die richtige Temperatur abkühlen läßt.

Die Kellen werden mit der Hand, die Pfannen mit (festen oder laufenden) Krähen vom Ofen zur Form transportirt.

Die Kellen und Pfannen bestehen aus Eisen, sind innen mit einem Ueberzuge von Lehm bekleidet und werden vor der Benutzung angewärmt. Die Formen müssen stets hinreichend niedrig stehen, um sich bequem füllen zu lassen und sind daher oft in einer Grube (Dammgrube) unter der Hüttensohle versenkt aufgestellt.

Das Gießen muß gleichmäfsig und ohne Unterbrechung geschehen. Auf dem Eisen schwimmende Schlacke muß zurückgehalten (abgestrichen) werden.

Die bei dem Gufse sich entwickelnden brennbaren Gasarten (Wasserstoff, Kohlenwasserstoff) erfordern eine Entzündung, sobald sie aus der Form treten.

Bei grofsen Formen legt man zu diesem Zwecke brennende Substanzen an die Fugen der Kästen und an die Windpfeifen.

Bearbeitung der Gufswaaren.*)

Die aus der Form genommene Gufswaare wird vom anhaftenden Formmateriale befreit (geputzt). Die Eingüsse, Windpfeifen und etwa gebildete Näthe werden abgeschlagen, die Ansatzstellen glatt gemeißelt oder gefeilt.

Die meisten Gufswaaren gehen sodann zur weiteren Bearbeitung durch Drehen, Bohren, Hobeln, Schleifen u. s. w. in mechanische Werkstätten.

Gufswaaren, welche sogleich Handelsgegenstände bilden, werden geschwärzt: durch Anräuchern über Holzfeuer, durch Abbrennen mit Leinöl und Einreiben des Rufses oder durch Abbürsten mit Graphit. — Anlauffarben (gelb, bronzefarben, blau, violett, blauschwarz) werden

*) Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie, Bd. I.

durch Glühen unter einem Ueberstrich organischen Oels (z. B. Mohnöl) in Muffeln erhalten.

Gußwaaren, die von einer Spannung befreit oder weicher gemacht werden sollen, unterliegen dem Tempern (Anlassen), welches in einem anhaltenden Glühen in einer luftabsperrenden und die Wärme schlecht leitenden Umhüllung (Lehm, Koks, Sand) und in sehr langsamer Erkaltung besteht.

Eine chemische Veränderung erleiden die Gußwaaren durch das Glühen in sauerstoffabgebenden Substanzen. Sie werden dabei entkohlt und in schmiedbaren Guß (vergl. Abth. II.) übergeführt.

Metallüberzüge werden selten (z. Th. auf galvanischem Wege, z. Th. durch Eintauchen in geschmolzenes Metall oder Abreiben mit demselben) gegeben; am häufigsten kommt Verzinnung vor.

Die abgedrehten Gußwaaren, welche verzinnt werden sollen, müssen ganz blank sein. Sie werden mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure gebeizt, getrocknet, erhitzt und mit geschmolzenem Zinn unter Zusatz von Salmiak abgerieben.

Gußwaaren für den Hausbedarf (Kochgeschirr, Poterie) erhalten im Inneren oft einen Ueberzug von Email*), einer bei der Erwärmung nicht abspringenden Glasur, welche fast immer aus zwei auf einander liegenden Schichten gebildet wird.

Die zu emailirenden Flächen werden zuerst mit Sand geschauert oder geschliffen, dann mit Schwefelsäure gebeizt, gewaschen, getrocknet und erwärmt. Hierauf werden sie zuerst mit der Grundmasse bepinselt oder ausgeschwenkt. Die Grundmasse besteht aus Quarz, Borax, Feldspath (auch Gyps, Kalk, Bleiweiß, Magnesia) und geschlämmtem Thon, welche Stoffe gemahlen und mit Wasser zu einem Brei angerührt sind. Die Grundmasse wird für sich eingebrannt und erhält erst dann den Ueberzug von Email, welcher ähnlich behandelt wird, oder der letzte wird auf die erstere aufgestäubt und gleichzeitig eingebrannt. Die zweite Schicht, die Glasur, besteht, wenn sie weiß sein soll, aus Quarz, Borax und kalzinirter Soda (auch Salpeter, kohlensaurem Ammoniak, kohlensaurer Magnesia). Die Stoffe werden zu einem Glase zusammengeschmolzen, welches vor der Anwendung Pulverform erhält. — Ein Bleizusatz findet sich häufig, ist aber verwerflich.

*) Vogelgesang, Lehrbuch der Eisen-Emailirkunst.

II.

Darstellung von schmiedbarem Eisen (Stahl und Schmiedeisen).

Sechszehnter Abschnitt.

Die Arbeiten zur Darstellung schmiedbaren Eisens. *)

Die Grundlage für die Erzeugung des schmiedbaren Eisens (des Stahls und Schmiedeisens) ist wie für das Roheisen das Eisenerz, aber die Darstellung geschieht nur in seltenen Fällen unmittelbar durch Reduktion und gleichzeitige Kohlung des Eisens, welches in dem Erze enthalten ist, vielmehr meist auf einem Umwege durch vorgängige Abscheidung des Eisens von seinen Gangarten vermittelst des Hochofenprozesses und darauf folgende Entkohlung des Roheisens (mittelbarer Weg).

Zwar kann unter der Einwirkung von festem Kohlenstoff und Kohlenoxyd aus jedem Eisenerz das Eisen reduziert und je nach der angewendeten Temperatur nach Belieben in die Kohlungsstufen des Schmiedeisens, Stahls oder Roheisens übergeführt werden, aber nur die für die Erzeugung des letzteren ausreichende Temperatur genügt gleichzeitig zur Schmelzung des erzeugten Roheisens und zur Abscheidung der Gangarten in Form einer flüssigen und dabei eisenfreien Schlacke. Bei der niedrigeren Erzeugungstemperatur und dem höheren Schmelzpunkte des schmiedbaren Eisens gelingt die Scheidung der Gangarten nur durch Ueberführung derselben in eine zwar auch flüssige, aber sehr eisenreiche Schlacke, während das Eisen selbst im festen (teigigen) Aggregatzustande bleibt.

Die Arbeiten zur Erzeugung schmiedbaren Eisens nach der mittelbaren Methode gründen sich in erster Linie stets auf die Abscheidung von Kohlenstoff aus dem Roheisen. In vielen Fällen wird diese Abscheidung genau bis zu dem Grade fortgeführt, daß das Produkt den

*) Vergl. Seite 56 und 57.

Kohlenstoffgehalt des zu erzeugenden schmiedbaren Eisens (Stahl, Feinkorn, Schmiedeisen u. s. w. *) besitzt, während in andern Fällen die Entkohlung weiter getrieben und durch erneuerte Zufügung von Kohlenstoff wieder ausgeglichen wird.

Mit der Entfernung des Kohlenstoffs aus dem Roheisen muß gleichzeitig eine Abscheidung der dem schmiedbaren Eisen nachtheiligen, im Roheisen enthaltenen Substanzen erfolgen. Diese Reinigung findet der Regel nach um so vollständiger statt, je weiter die Entkohlung fortschreitet. Daher ist zur Erzielung eines möglichst reinen Eisens oft eine vollständige Entkohlung und abermalige Kohlung der einfachen Entkohlung bis zu dem gewünschten Grade vorzuziehen. — Auch ist es mit praktischen Schwierigkeiten verbunden, bei den Entkohlungsarbeiten den Kohlungsgrad genau festzuhalten, welcher dem Eisen die Eigenschaften des Stahles zuertheilt, während die Rückkohlung entkohlten Eisens auf einen bestimmten Kohlenstoffgehalt leichter auszuführen ist.

Die Abscheidung des Kohlenstoffs aus dem Roheisen geschieht durch Oxydation und zwar der Regel nach durch Vermittelung des atmosphärischen Sauerstoffs, häufig unter Beihülfe anderer sauerstoffabgebender Körper, selten durch solche allein.

Befindet sich bei dieser Oxydation das Roheisen im flüssigen Aggregatzustande, so nennt man die Arbeit Frischarbeit (Frischen).

Die Frischarbeit ist die wichtigste Methode zur mittelbaren Darstellung des schmiedbaren Eisens. An sie schliessen sich einige unwichtige Methoden an, welche sich auf die Entkohlung des Roheisens im festen Zustande gründen und deren Produkt man schmiedbares Gufseisen nennt.

Die Zurückführung eines entkohlten oder niedrig gekohlten Eisens (Schmiedeisens) in einen höheren Kohlungsgrad (Stahl) geschieht entweder durch Zusammenschmelzen des ersteren mit (hochgekohltem) Roheisen, wobei ein flüssiges Produkt, der Flusstahl erhalten wird, oder durch Glühen mit Kohle, wobei ein ungeschmolzenes Produkt, der Cementstahl erfolgt.

An die Darstellung des Flusstahls schliessen sich einige unbedeutendere Methoden an, bei welchen Schmiedeisen mit Kohle oder anderen kohlehaltigen Substanzen als Roheisen erhitzt und in einen flüssigen Stahl (Kohlungsstahl) übergeführt wird.

Die durch Rennarbeit, Frischen, Cementations-, Flusstahl-Prozess u. s. w. erhaltenen Produkte befinden sich meist nicht in einem Zustande, in welchem sie Handelsprodukte sein könnten. Sie sind vielmehr entweder

*) Vergl. Seite 5.

noch innig mit Schlacke gemengt oder von Blasenräumen erfüllt oder ungleich in den einzelnen Theilen und müssen deshalb noch weiteren Reinigungs- und Verfeinerungsarbeiten unterliegen. Diese Arbeiten bestehen im Schweißen und Umschmelzen. Das letztere Verfahren ist nur für leichter schmelzbare, d. h. kohlenstoffreichere Eisensorten (Stahl) anwendbar und liefert ein Produkt, welches Gussstahl genannt wird, während bei dem ersteren Verfahren das Produkt den festen Aggregatzustand nicht verliert.

Mit diesen Reinigungsarbeiten sind die Arbeiten zur Formgebung theils innig verknüpft, theils folgen sie ihnen als getrennte Operation. Dieselben bestehen im Schmieden (Hämmern und Pressen), Walzen und Ziehen.

Das schliesslich unter Zuhülfenahme von Sägen, Scheren, Richtmaschinen und ähnlichen Vorrichtungen in eine für den Handel angemessene Form (Stab, Blech oder Drath) übergeführte Eisen erleidet hin und wieder noch weitere Vervollkommnungsprozesse, ehe es das Hüttenwerk verlässt. Dahin gehört besonders das Ueberziehen mit anderen Metallen (Verzinnen, Verzinken). Beim Stahl wird zuweilen auch noch das Härten in den Kreis hüttenmännischer Operationen gezogen.

Siebenzehnter Abschnitt.

A. Die Rennarbeit. *)

Unter Rennarbeit oder Rennen versteht man die unmittelbare Darstellung von schmiedbarem Eisen aus Erzen. Das Eisen wird hierbei reduziert und gleichzeitig in den Kohlungsgrad übergeführt, welcher der zu erzeugenden Art des schmiedbaren Eisens entspricht. Die Trennung der Gangarten vom Eisen erfolgt durch Bildung eines flüssigen Eisenoxydulsilikats. Das Eisen selbst wird im festen (teigigen) Aggregatzustande gewonnen.

Das Eisen erfolgt in Form kleiner durch Schlacke getrennter Krystalle, welche durch Hämmern zusammengeschweisst und von der Schlacke befreit werden. — Einer bei dem Prozesse durch zu hoch gesteigerte Temperatur etwa eintretenden höheren Kohlung beugt die Schlacke, sobald sie in ein Singulosilikat übergegangen ist, welches Eisenoxydoxydul zu lösen im Stande ist **), vor.

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk., Abth. I., Seite 487—609. **) Vergl. Seite 13.

Man unterscheidet die älteren Rennarbeiten, auf welchen in früherer Zeit die gesammte Eisenerzeugung beruhte, welche aber gegenwärtig nur noch auf wenige unkultivirte Länder beschränkt sind, von den neueren Rennarbeiten, d. h. den erneuten Versuchen, die unmittelbare Erzeugung schmiedbaren Eisens aus den Erzen mit den fortgeschrittenen Hilfsmitteln der Technik nach wissenschaftlichen Grundsätzen wieder aufzunehmen.

In Indien, am Himalaya, in Centralafrika bestehen die älteren Rennarbeiten noch in voller Ausdehnung. In Europa finden sie sich nur noch in sehr beschränktem Maßstabe in den Pyrenäen und in Finnland. In Nordamerika bilden sie einen Gürtel, der mit der fortschreitenden Civilisation nach Westen rückt. Die letzten Luppenfeuer sind in Schlesien 1798, die letzten Stücköfen in Steyermark in den dreißiger Jahren, im Hennebergischen (Schmalkalden) und in Ungarn in den vierziger Jahren, in Schweden erst in den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts eingestellt worden.

I. Aeltere Rennarbeiten.

Die älteren Rennarbeiten wurden theils im Heerde, theils im Schachtofen, stets unter Anwendung von Holzkohle und Gebläseluft ausgeführt.

Rennen im Heerde.

Das Rennen im Heerde wird nach drei Methoden ausgeführt, welche als Catalonische, Corsikanische und Deutsche Luppenfrischarbeit bezeichnet werden.

Alle drei Methoden kommen darin überein, daß für sie ein niedriger Heerd, welcher aus Eisenplatten oder rohgeschmiedeten Eisenstücken, seltner aus Mauerwerk zusammengefügt ist, und über dessen eine Wandung eine den Wind zuführende Gebläseform ragt, benutzt wird, daß Holzkohlen zu Kohlenoxyd verbrannt werden und daß das Erz wesentlich durch dieses Kohlenoxyd reduzirt, ein Theil aber zur Bildung einer Schlacke mit den Gangarten (der Kieselsäure) verbraucht wird. Der Unterschied der drei Methoden liegt darin, daß bei der Catalonischen Methode das Erz von einer Seite des Heerdes allmähig in das Feuer gebracht, bei der Corsikanischen Methode hinter einem Ringe von Kohlen aufgeschichtet, bei der Deutschen Methode über die ganze Heerdfläche verbreitet wird, während die Schlackenbildung bei der Catalonischen Methode durch Erzklein, welches an der Formseite herabsinkt, bei der Corsikanischen Methode durch Mischung des vorbereiteten Erzes mit Schlacke von der vorhergehenden Arbeit, bei der

Deutschen Methode durch vorgängiges Einschmelzen einer bestimmten Erzmengende befördert wird.

Fig. 119.

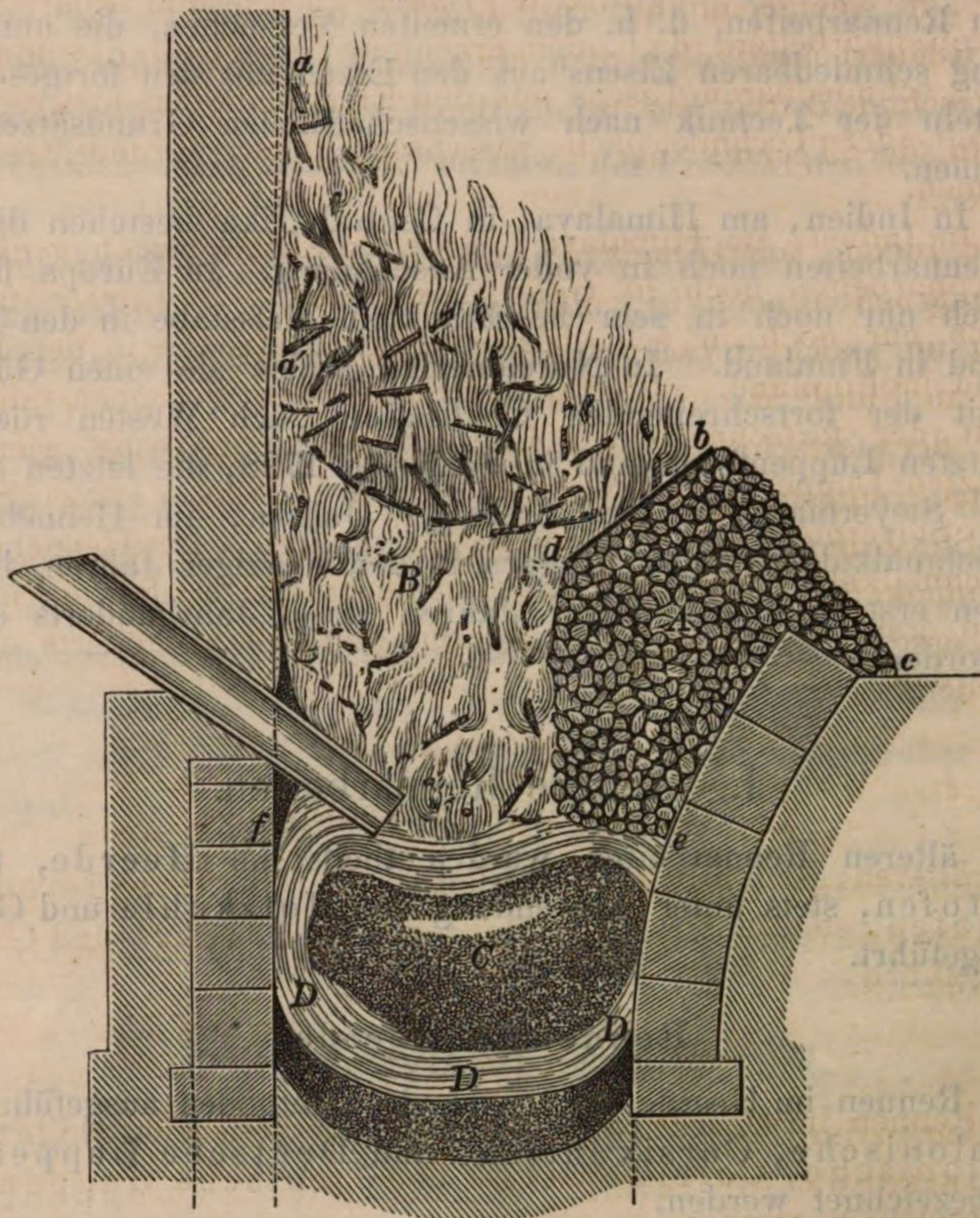


Fig. 119 stellt ein Catalonisches Feuer mitten im Betriebe dar. Ein solches Feuer hat eine Breite und Länge von 0,5 bis 2,5, ja 3 Meter und eine Tiefe von 23 bis 70, auch 90 Centimeter unter der Form. — Das Feuer wird zuerst bis *fe* mit Holzkohle gefüllt. Dann wird rechts die Erzschiicht *A*, links die Holzkohlen-schicht *B* aufgehäuft. Die Trennungsfläche *db* wird dicht mit angefeuchteter Kohlenlöschende bedeckt, damit kein Kohlenoxyd dort-hin seinen Weg nehmen könne. Das Feuer wird dann in Brand gesetzt. Das gebildete Kohlenoxyd findet seinen Ausweg theils zwar aufwärts durch die Kohlen (*B*), größtentheils aber durch die Erzstücke (*A*), welche es erwärmt, röstet (wenn sie roh be-nutzt sind) und nach und nach zu metallischem Eisen reduziert. Das Gas entweicht aus der Böschung *bc* in Form blauer Flämm-chen. Zuerst sammelt sich unreine (phosphorhaltige) Schlacke

am Boden, die abgestochen wird. Gleichzeitig sinken die Kohlen der Abtheilung *B* (von *a* nach *a'*) nieder und werden ergänzt durch frische Kohlen, denen man indessen schichtenweis Erzklein beimengt. Die Erzstücke werden mit einer Brechstange vom Arbeiter vorsichtig in's Feuer geschoben, kommen dadurch mit glühenden Kohlen und sehr heißem Kohlenoxyde in Berührung, werden vollständig reduziert und zu gekohltem Eisen (Schmiedeeisen oder Stahl) umgewandelt, welches sich als Klumpen (Luppe, Deul, *C*) ansammelt. Die Schlacke (*D*), welche wesentlich aus Eisenoxydulsilikat besteht und aus den Gangarten, hauptsächlich Kieselsäure (kalkige Erze sind unanwendbar), und einem Theile unreduzierten oder durch den Gebläsestrom wieder oxydirten Eisens gebildet worden ist, wird nur abgelassen, wenn sie sich in zu großer Menge ansammelt, umhüllt den Eisenklumpen und wirkt mehr oder minder wieder entkohlend auf ihn ein. Ist alles Erz reduziert, so werden die Kohlen abgeräumt und die Eisentheile fest zu einer Luppe zusammengedrückt, welche man mit Brechstangen und Zangen aus dem Feuer hebt und unter einem Hammer bearbeitet (zängt).

Der Prozeß dauert etwa 6 Stunden. Man verwendet pro Charge bis zu 500 Kil. Erz (Brauneisenstein) und verbraucht pro 100 Kil. Eisen, 300—320 Kil. Erz und 340 Kil. Holzkohle. Die Schlacken enthalten 30 $\frac{1}{2}$ Eisen und darüber.

Bei der Corsikanischen Methode wird die Form von einem Holzkohlenkranze umgeben, hinter dem die Erze gemischt mit Kohlen liegen. Nach hinreichend erscheinender Reduktion, wobei gleichzeitig Sinterung eintritt, wird das Erz auf eine Schlackenlage von der vorigen Arbeit ausgebreitet und mit derselben von Neuem in das mit Holzkohle gefüllte Feuer gegeben. Die Heerdwandung baut man z. Th. aus Erzstücken. Der Prozeß dauert 24 Stunden bei einer Charge von ca. 500 Kil. Erz (Elba'er Eisenglanz). Man verbraucht auf 100 Kil. Eisen ca. 260 Ctr. Erz und beinahe 900 Kil. Holzkohle.

Bei der Deutschen Methode wird in dem mit Holzkohlenlösche ausgestampften Heerde zuerst ein Theil Erz eingeschmolzen (das Ausbrennen oder Zutreiben des Steins) und dann das übrige Erz, welches in abwechselnden Schichten mit Holzkohle aufgegeben wird, niedergeführt, wobei die Reduktion und Schlackenbildung stattfindet. — Der eigentliche Heerd hat 30—50 Centim. Tiefe. Der Prozeß dauert ca. 6 Stunden. Es werden Chargen von ca. 600 Kil. Erz (Brauneisenstein) gemacht und auf 100 Kil. Eisen 800 Ctr. Erz und 1,85 Cub.-Meter Holzkohle verbraucht. Bei dem häufig gleichzeitig mit Holzkohle betriebenen mittelbaren

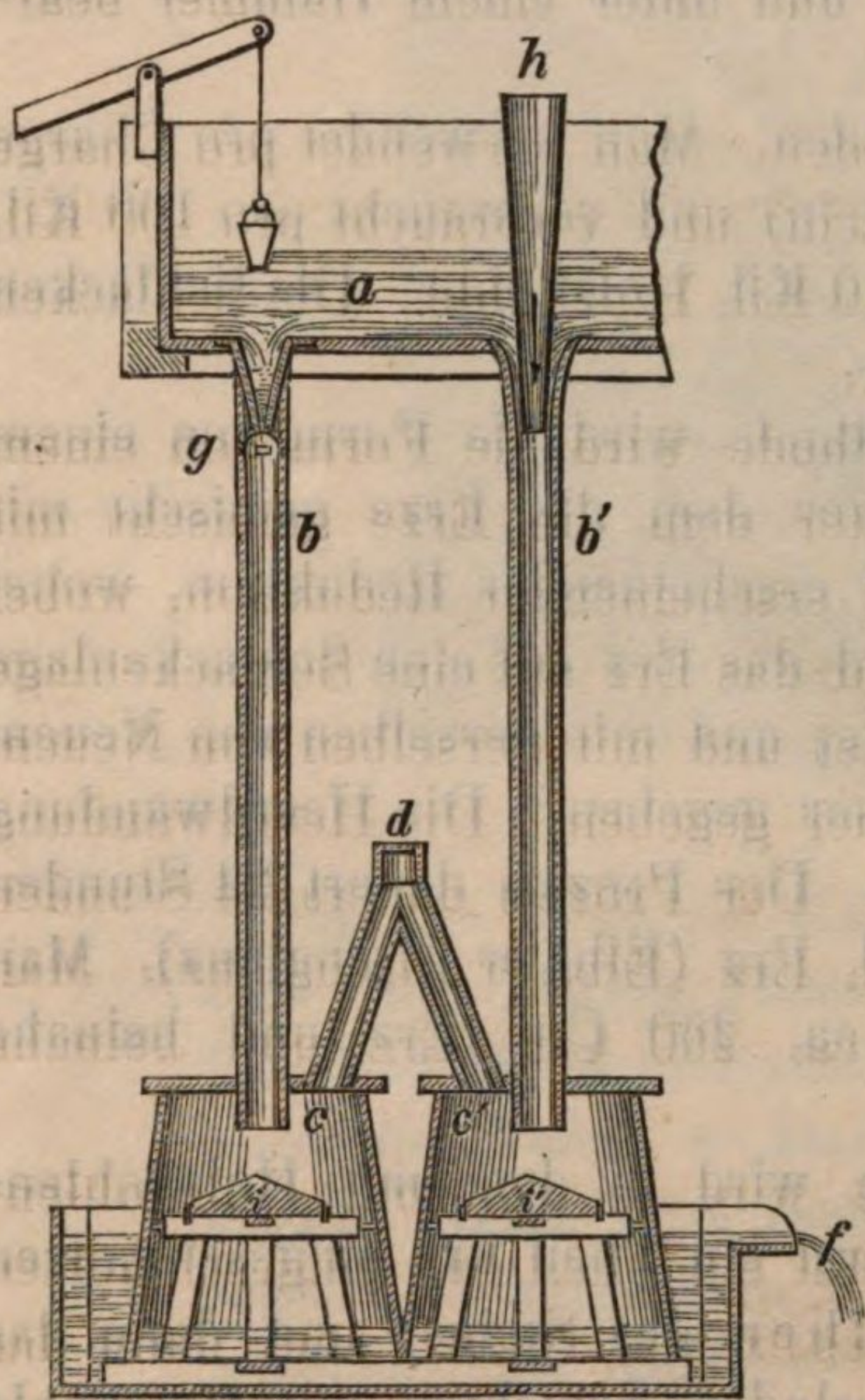
Prozesse (mit Hochofen und Frischfeuer) stieg das Ausbringen um $4\frac{1}{2}\%$ und der Kohlenverbrauch pro 1 Ctr. Eisen sank auf 1,42 Cub.-Meter.

Die Stahlbildung wird im Gegensatz zur Schmiedeeisenbildung durch höhere Temperatur, längere Berührung des reduzierten Eisens mit glühender Kohle und Verhinderung erneuter Entkohlung durch Oxydation befördert.

Daher giebt man für Stahl wenig Erzklein und viel Holzkohle auf, rückt die Erzstücke langsam in's Feuer, sticht die Schlacke häufig ab, legt die Form schwach geneigt an, bläst langsam und verwendet manganhaltige Erze.

Die Rennarbeit im Heerde fordert wegen der unzugänglichen Gegenden, in denen sie meist ausgeübt wird, möglichst einfache Gebläse. Man bedient sich daher mit Vorliebe der Wassertrommelgebläse, welche keines gehenden Zeuges bedürfen.

Fig. 120.



In Fig. 120 ist ein Wassertrommelgebläse dargestellt. *a* ist der Wassersammelkasten (von ca. 10 Cub.-Meter Inhalt). Aus demselben fällt das Wasser durch eine oder zwei Lutten (*b* und *b'*) in den Windkasten *cc'*. Die Einflußöffnung des Wassers in die Lutte ist von geringerem Querschnitte als letztere. Das Wasser saugt daher beim freien Falle Luft an, welche entweder wie bei *g* durch seitwärts liegende Oeffnungen, oder wie bei *h* durch das verengende Mundstück von oben zutritt. Das mit Luft mechanisch gemengte Wasser stürzt auf eine Bank *i, i'*, auf der es zerstäubt und die Luft, welche durch *d* entweicht, freiläßt, während das Wasser in derselben Menge bei *f* abfließt, als es von oben zuströmt. Die Gefällhöhe beträgt

7—10 Meter, die Wassermenge pro Sekunde 0,061—0,093 Cub.-Meter, die erreichbare Windpressung 0,067—0,094, durchschnittlich 0,085 Meter Quecksilbersäule.

Die Vorzüge des Wassertrommelgebläses beruhen in der Einfachheit der Konstruktion und Unterhaltung, die Nachtheile in der Feuchtigkeit des erzeugten Windes und in dem geringen Wirkungsgrade.

Der Wirkungsgrad ist 0,1 — 0,15, zuweilen nur 0,05. — Er wird berechnet nach der Formel *) $\eta = \frac{Q^2 a_i - (Q + Q_i)^2 (k - x)}{Q (Q + Q_i) h}$

wenn Q die Menge des Aufschlagwassers, Q_i die des eingesaugten Windes, a_i die Höhe der Einfallröhre von den Sauglöchern bis zum Unterwasserspiegel, k der äußere Luftdruck (in Metern Wassersäule), x der Luft- und Wasserdruck an der Einmündung der Saugröhren in das Fallrohr und h das ganze Gefälle bedeutet.

Rennen im Schachtofen.

Die Völker Afrika's und Asien's bedienen sich meist der Schachtöfen zur Herstellung des schmiedbaren Eisens aus den Erzen.

Das Material zu dem berühmten Damaszener- oder Wootz-Stahl wird auf diese Weise gewonnen.

Diese Schachtöfen werden aus Thon gebaut und durch Holzwerk zusammengehalten. Die Dimensionen sind sehr gering (meist 1—2,5 Meter Höhe und 25—60 Centimeter Weite), die Produktion bei einem großen Aufwand von Holzkohlen (300 bis 800 Kil. pro 100 Kil. Eisen) für jede Charge gering (ca. 70—90, oft auch nur 2—10 Kilogramm). Der Wind wird durch Oeffnungen in der Vorderwand zugeführt und durch einfache, meist durch Menschenkraft bewegte Balgengebläse **) erzeugt.

Vollkommener wurde der Prozeß in den Stück- oder Wolfsöfen Europa's ausgeführt.

Kleinere Schachtöfen bezeichnet man als Bauernöfen oder Osmundöfen.

Die besseren Stücköfen hatten eine Höhe von 3—5 Meter, waren von quadratischem oder kreisförmigem Horizontalquerschnitte (0,80 bis 1,25 Meter weit) und theils vom Boden zur Gicht allmähig erweitert, theils nach Art der Hochöfen in der Mitte ausgebaucht. Es wurde mit einer Form geblasen, welche etwa 36—50 Centim. über dem Boden lag und in das Innere vorragte. Der zuerst mit Holzkohle allein gefüllte und dann entzündete Ofen wurde abwechselnd mit Erz und Holzkohle beschickt. Das durch das Gebläse erzeugte Kohlenoxyd drang aufwärts. Das Erz wurde zuerst vorgewärmt, dann reduziert, nun aber nicht wie im Hochofen zu Roheisen gekohlt, sondern nur in schmiedbares Eisen umgewandelt, welches sich als Stück oder Wolf auf dem Boden ansammelte und von der aus den Gangarten und Eisenoxydul gebildeten Schlacke umgeben war. Die letztere wurde häufig abgezogen, um dem Winde oxydirenden Einfluß zu gestatten und dadurch eine zu hohe

*) Vergl. Weisbach, Ing. und Masch.-Mech. III, S. 1184. **) Vergl. den zwanzigsten Abschnitt.

Kohlung zu verhindern, der Wolf nach Ausbruch einer Oeffnung im Ofengemäuer herausgezogen und gezängt.

Ein Wolf wog im Hennebergischen 200—300 Kilogr., erforderte 6,7 bis 7,2 Cub.-Meter Holzkohle und 8 Stunden Zeit zur Herstellung; in Steyermark machte man 650—700 Kil. schwere Wölfe in 18—24 Stunden. —

Diese Oefen gaben Veranlassung zum Uebergang in die Roheisen-erzeugung.

Ein höherer Satz an Kohle gegen das Erz, die Bildung einer eisenfreien, schwer schmelzbaren Schlacke durch Zuschläge, Verhinderung der Oxydation durch den Windstrom gestatteten, in denselben Oefen kontinuierlich Roheisen zu erzeugen. Der Gesamtkohlenverbrauch war dabei doch geringer, da die wiederholte Abkühlung fortfiel.

Die Schachtöfen sind gegen die Heerde vollkommener, weil sie weniger Handarbeit erfordern. Aus demselben Grunde gestatten sie aber auch nicht so leicht einen vorher bestimmten Kohlungsgrad des Eisens hervorzurufen, als die Heerde.

Die älteren Rennarbeiten sind erloschen oder im Verschwinden begriffen, weil sie einen großen Aufwand an Brennmaterial und zwar an Holzkohle erfordern, weil mit ihrer Ausführung die Bildung einer eisenhaltigen Schlacke, daher ein großer Eisenverlust verknüpft, weil die Produktion für den Aufwand an Apparaten und Arbeitskräften eine geringe ist und weil das Produkt sehr ungleich ausfällt. Der einzige Vortheil ist, daß in Folge der niedrigen Reduktionstemperatur das Eisen sehr rein (namentlich frei von Phosphor, Silicium etc.) wird.

II. Neuere Rennarbeiten.

Die neueren Rennarbeiten gründen sich auf den Versuch, das Eisen aus den Erzen in geschlossenen Gefäßen (Muffeln) zu reduzieren und das so reduzierte Eisen (Eisenschwamm) nachher in besonderen Apparaten zusammen zu schweißen und gleichzeitig von den Gangarten zu trennen.

Clay (1837—1840) reduzierte zerkleinerte Erze mit Kohle in thönernen Retorten zu Eisenschwamm, kühlte den letzteren ab und bildete daraus im Puddelofen Luppen. —

Die Reduktion erforderte einen großen Aufwand an Brennmaterial, der Eisenschwamm verbrannte zum großen Theil beim Schweißen wieder zu Oxydoxydul. Der Eisenverlust war um so größer, je ärmeres Erz angewendet wurde.

Renton (1851) reduzierte Erze in einer vertikalen Retorte, aus welcher der Eisenschwamm noch heiss in den darunter liegenden Puddelofen gelangte. Die Retorte wurde durch die aus letzterem abziehenden Gase geheizt.

Die Reduktion war zwar billiger, der Verlust bei der Schweissarbeit aber ebenso gross, wie bei dem Clay'schen Prozesse.

Chenot (1851) reduzierte das Erz in vertikalen Kammern, welche nach Art der Appolt'schen Koksöfen *) konstruirt waren, mit Kohle theils durch äussere Erhitzung, theils durch Erhitzung vermittelt eines durch die Kammer geleiteten Kohlenoxydgasstromes, trennte dann aus dem gepulverten Eisenschwamme das Eisen von den Gangarten durch Magnete und benutzte den Eisenschwamm zur Stahlfabrikation in Tiegeln unter Luftabschluss.

Die Reduktion erfordert auch hier grosse Kosten, die Weiterverarbeitung durch Magnete und in Tiegeln ist nur für kleine Produktionsmengen geeignet.

Gurlt (1857) reduzierte das Erz in Schachtöfen mit Kohle unter Einwirkung zweier aus Generatoren entwickelten Kohlenoxydströme und schweißte den erhaltenen Eisenschwamm in ebenfalls durch Kohlenoxyd gefeuerten Schweissöfen.

Der Prozess mislang mit allen Erzen, welche nicht sehr reich waren, in Folge nicht zu vermeidender Oxydation und Verschlackung des Eisens beim Schweißen, liess sich dagegen (in Spanien) in der Weise ausführen, dass der Eisenschwamm im Holzkohlenheerde geschweißt wurde.

Rogers (1862) reduzierte das mit Kohle gemengte Erz in einer rotirenden Retorte, welche durch die abgehenden Gase eines darunter liegenden zur Schweissung bestimmten Flammofens geheizt wurde.

Siemens (1870) bedient sich ähnlicher Vorrichtungen wie Rogers, lässt aber das reduzierte Erz direkt in ein Roheisenbad gleiten.

Das Verfahren verhindert eine erneute Oxydation des Eisenschwamms, aber ist vom Hochofenprozesse nicht unabhängig, weil es Roheisen erfordert. Da die Gangarten in eine eisenhaltige Schlacke verwandelt werden müssen, bietet der Prozess keinen Vortheil gegen die Verwendung des rohen Erzes.

Die Gründe, welche den Erfolg aller neueren Rennarbeiten hinderten, liegen in dem Eisenverluste, welcher dem der älteren Rennarbeiten mindestens gleich kommt, falls nicht eine mechanische Trennung des Eisens von den Gangarten (wie bei Chenot) stattfindet, in dem hohen Aufwande, welchen eine Reduktion in geschlossenen Gefässen erfordert, in der Schwierigkeit bei der Schweissung des reduzierten

*) Vergl. Seite 48.

Eisens eine erneuerte Oxydation zu verhüten und bei vielen Methoden in dem Nachtheile der nur intermittirend auszuführenden Arbeit.

Aeltere wie neuere Rennarbeiten können nur für sehr reiche und gangartenfreie Erze Anwendung finden, die älteren nur da, wo gleichzeitig ein billiges vegetabilisches Brennmaterial zu Gebote steht. Am besten eignen sich kieselsäurehaltige Brauneisenerze, für die indessen der zweckmässigste Apparat noch immer der alte Stückofen bleibt.

Achtzehnter Abschnitt.

B. Das Frischen. *)

Unter Frischen versteht man die Darstellung von schmiedbarem Eisen aus flüssigem Roheisen durch Oxydation.

Die Oxydation erfolgt der Regel nach durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft, jedoch benutzt man auch den in den Oxyden (Oxyd und Oxydoxydul) des Eisens selbst enthaltenen Sauerstoff.

In beschränktem Mafse oder versuchsweise hat man auch den Sauerstoff der Manganoxys, des Salpeters, des Wasserdampfs, ja sogar der Kohlensäure verwerthet.

Das Roheisen wird in wenigen Fällen im flüssigen Zustande aus dem Hochofen entnommen, vielmehr meistens erst wieder, sei es in dem Frischapparate selbst, sei es in besonderen Oefen in jenen Aggregatzustand übergeführt.

Man wendet drei Frischmethoden an, welche sich wesentlich durch die Art der Luftzuführung behufs der Oxydation unterscheiden. Man bezeichnet sie als Heerdfrisch-, Flammofenfrisch- oder Puddel- und Windfrisch- oder Bessemer-Prozess.

Beim Heerdfrischen läßt man Tropfen flüssigen Roheisens durch einen Windstrom fallen, erhält die zur Oxydation nöthige Temperatur durch Verbrennung von Holzkohle und führt den Prozess in einem aus Eisenplatten oder Mauerwerk gebildeten Heerde aus. Beim Puddeln bewirkt man den Zutritt der Luft durch Umrühren (Puddling) eines Eisenbades, wendet Steinkohlen oder Generatorgase zur Erhitzung an und bedient sich eines Flammofens. Beim Bessemeren führt man die

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk. Abth. III.

Luft fein vertheilt von unten durch ein Roheisenbad, verwerthet allein die durch die Oxydation selbst erzeugte Temperaturerhöhung und gebraucht hängende birnenförmige Gefäße (Birnen).

Das Heerdfrischen erfordert für gleiche Mengen die längste, das Bessemern die kürzeste Zeit.

100 Ctr. Roheisen werden durch Heerdfrischen in etwa $1\frac{1}{2}$ Wochen, durch Puddeln in $1\frac{1}{2}$ Tagen, durch Bessemern in 20 Minuten in schmiedbares Eisen übergeführt.

Das Heerdfrischen und Puddeln liefert ein teigiges Produkt, welches innig mit Schlacke gemengt ist, das Bessemern ein flüssiges Produkt, von welchem sich die flüssige Schlacke durch ihr geringeres spezifisches Gewicht abscheidet.

Das durch Puddeln hergestellte Eisen enthält mehr Schlacke eingemengt, als das Heerdfrischeisen und bedarf daher durchgreifenderer Reinigungsprozesse als letzteres, während das Bessemerisen hauptsächlich nur Verdichtungsprozesse erfordert.

Die chemischen Vorgänge, welche beim Frischen stattfinden, sind dieselben, welche Seite 12 und 13 geschildert wurden.

Man unterscheidet hiernach bei jedem Frischprozesse drei Perioden: Die Feinperiode, in welcher der größte Theil des Siliciums oxydirt wird und mit gleichfalls durch die Oxydation erzeugtem Eisenoxydul eine Schlacke (Rohschlacke) bildet, während vorhandener Graphit in den chemisch gebundenen Zustand übergeht, ohne daß sich die absolute Menge des gesammten Kohlenstoffs vermindert. Mangan wird leichter als Eisen oxydirt, daher gleichfalls als Oxydul in die Rohschlacke geführt. Für die Oxydation des Phosphors ist die Temperatur in Folge der durch das verbrennende Silicium entwickelten Wärme der Regel nach zu hoch. Schwefel geht in einem der Dauer der Periode entsprechenden Mafse fort. Das Produkt ist gefeintes Eisen.

Graues und siliciumreiches Roheisen pflegt man für die Entkohlung durch den Heerdfrisch- und den Puddelprozeß nicht selten vorzubereiten, indem man es in besonderen Apparaten in gefeintes Eisen überführt. Man nennt diese Operation dann das Feinen, Raffiniren oder Läutern.

Die zweite Periode ist das Rohfrischen. Die Schlacke geht durch weitere Aufnahme von Eisenoxydul in ein Singulosilikat (Fe_2SiO_4) über, welches das durch die ununterbrochen fortschreitende Oxydation nunmehr gebildete Eisenoxydoxydul löst. Der Sauerstoff des letzteren oxydirt den Kohlenstoff des Eisens zu Kohlenoxyd. Ist das Roheisen manganhaltig gewesen, so verzögert die Schlacke die Entkohlung in dem Mafse, als ihr Mangangehalt steigt. *) Phosphor oxydirt sich während dieser Periode um so reichlicher, je niedriger die Temperatur bleibt,

*) Vergl. Seite 13.

Schwefel um so mehr, je länger die Zeit dauert. Das Produkt ist ein Eisen von dem Kohlenstoffgehalte des Stahls.

Die dritte Periode ist das Garfrischen. Die Schlacke nimmt fortdauernd Eisenoxydoxydul auf und wirkt dadurch entkohlend auf das Eisen. Hinsichtlich der Abscheidung von Phosphor und Schwefel gilt zwar dasselbe, wie während des Rohfrischens, jedoch werden die Luppen auch bei hoher Temperatur durch Saigerung noch freier an Phosphor. Das Produkt ist Schmiedeeisen.

Will man Stahl und nicht Schmiedeeisen durch einen Frischprozess erzeugen, so fällt diese dritte Periode fort. — Wendet man gefeintes Eisen an, so verschwindet die erste Periode.

Die Singulosilikat-Schlacke, welche beim Roh- und Garfrischen fällt, nennt man Garschlacke und bezeichnet sie als um so garer, je mehr Oxydoxydul sie enthält.

Die Entkohlung des Roheisens geht um so schneller, je höher die Temperatur und je reichlicher der Luftzutritt ist. Man kann sie künstlich beschleunigen durch Zusatz fertig gebildeter Eisenoxyde und verzögern durch Bildung einer manganhaltigen oder einer höher silicirten Schlacke.

Die Beschleunigung geschieht gewöhnlich durch Anwendung von eisenoxydoxydulhaltiger Garschlacke aus dem vorhergehenden Prozesse und von Eisenoxydoxydul (Hammerschlag, Walzsinter), welches bei der Weiterbearbeitung des Eisens fällt, seltener durch Zusatz von Eisenoxyd in Form von Roth- und Eisenoxydoxydul in Form von Magneteisenerz oder geröstetem Spatheisenstein.

Die Verzögerung wird durch manganhaltiges Roheisen, seltener durch Zuschläge von Manganerzen, von Kieselsäure (in Form von Sand) oder von Thon herbeigeführt.

Graues Roheisen und Spiegeleisen schmelzen plötzlich (roh) ein *) und werden daher langsamer entkohlt als weißes Roheisen, welches einen teigigen Zustand durchläuft (gar einschmilzt).

Graues Roheisen wird für den Heerdfrisch- und Puddelprozess nur dann benutzt, wenn man ein hoch gekohltes Produkt (Stahl, Feinkorn) erzeugen will, ist dagegen für den Bessemer Prozess allein brauchbar.

Phosphor lässt sich um so vollständiger entfernen, je niedriger die Temperatur ist, daher am besten beim Puddeln, schwieriger beim Heerdfrischen, gar nicht beim Bessemern.

Je unreiner das Roheisen durch Phosphor ist, um so niedriger muß man die Temperatur halten, und um so sorgfältiger die phosphorhaltige Schlacke entfernen, ehe die Temperatur wieder erhöht werden darf.

*) Vergl. Seite 142 und 143.

Schwefel wird um so vollständiger abgeschieden, je länger der Prozeß dauert, daher am besten beim Heerdfrischen, weniger beim Puddeln, in nur geringer Menge beim Bessemern. Manganhaltige Schlacke wirkt in Folge der Verzögerung der Entkohlung günstig in dieser Richtung.

Je höher der Kohlenstoffgehalt des Produktes sein soll, um so schwieriger ist es, den Schwefelgehalt hinreichend zu entfernen. Stahl erzeugt man daher aus schwefelhaltigem Roheisen nur unter Anwendung eines manganhaltigen Materiales und Verzögerung der Entkohlung durch eine schwach oxydirende Atmosphäre.

Die Temperatur, welche durch den Frischprozeß selbst entwickelt wird, hängt wesentlich von der Menge des Siliciums ab, welche im Roheisen enthalten ist.

Je mehr Silicium vorhanden, um so mehr Kieselsäure wird gebildet und um so mehr Eisen durch Oxydation in Oxydul, welches sich mit ersterem zu Schlacke verbindet, umgewandelt. —

1 Gew.-Einh. Silicium entwickelt beim Verbrennen zu Kieselsäure 6382,4 W.-E., 1 Gew. Eisen oder Mangan beim Verbrennen zu Oxydul 1268 W.-E. *) —

Durch die Entkohlung selbst wird ebenfalls Wärme erzeugt, und zwar so viel, als ob der Kohlenstoff direkt durch den Sauerstoff der Luft verbrenne **), denn die Uebertragung des Sauerstoffs durch das Oxydoxydul erzeugt und absorbiert keine Wärme, weil dieselbe Wärmemenge durch Oxydation erzeugt wird, welche durch Reduktion wieder verloren geht. Die durch die Entkohlung erzeugte Wärme ist indessen gering gegen die durch die Silicium- und Eisenverbrennung hervorgerufene, zumal erstere größtentheils mit dem gasförmigen Kohlenoxyde dem Prozesse verloren geht.

Die durch den Frischprozeß entwickelte Wärme kommt um so mehr zur Erscheinung, je geringer der Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung ist.

Je größer die Menge des gleichzeitig verarbeiteten Roheisens und je kürzer die Dauer des Prozesses ist, um so weniger Wärme wird verhältnißmäßig verloren, aber auch die Form des Frischapparates ist von wesentlichem Einflusse. Beim Bessemern genügt die entwickelte Wärme zum Flüssighalten des Produktes. Dies ist beim Puddeln und Heerdfrischen nicht der Fall. Beim Puddeln ist die Temperatur am niedrigsten, obgleich die Roheisenmenge größer, die Zeit kürzer ist, als beim Heerdfrischen, weil die Art des Puddelofens einen großen Verlust an Wärme durch Strahlung und Leitung bedingt.

*) Vergl. Seite 138 und Oesterr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenw. 1870 (Jordan).

**) Vergl. Seite 138 und 139.

Neunzehnter Abschnitt.

Vorbereitung des Roheisens zum Frischen.

Man bereitet graues Roheisen häufig für den Frischprozeß durch Ueberführung in weißes Roheisen vor. Es kann dies durch plötzliche Abkühlung*) oder durch Siliciumentziehung geschehen. Das letztere erfolgt bereits, wenn auch in unvollkommenem Maße durch Oxydation des glühenden Roheisens, vollständig nur, wenn sich das Roheisen im flüssigen Zustande befindet.

Abschrecken.

Die Bildung weißen Eisens aus grauem (gewöhnlich halbirtem) Roheisen durch plötzliche Abkühlung wird ausgeführt durch Abstich des im Hochofen erzeugten Produktes in eiserne Formen (Schalen), durch Besprengen des in eine Grube abgestochenen Roheisens mit Wasser und Abheben der erkalteten Scheiben (Scheibenreißen, Blattlheben) oder durch Einleiten des flüssigen Roheisens in einen mit Wasser gefüllten Behälter (Granuliren).

Glühen oder Braten.

Festes Roheisen unter dem oxydirenden Einfluß der Atmosphäre in glühenden Zustand versetzt, überzieht sich mit einer Kruste von Oxyd-oxydul. Steigt die Temperatur hoch genug, so oxydirt sich auch das Silicium und es bildet sich eine flüssige Schlacke, während Graphit in den chemisch gebundenen Zustand übergeht.

Der Kern der einzelnen Stücke bleibt grau, wenn nicht der Prozeß sehr lange fortgesetzt wird. — Das Glühen wird theils in besonderen Bratheerden bei Holzkohle, theils unter der Einwirkung der abgehenden Flamme von Frischheerden oder Puddelöfen auf Vorheerden ausgeführt.

In Bratheerden behandelt man ca. 3000 Kil. in 24 Stunden; in den Vorheerden richtet sich die Menge und Zeit nach der Dauer des gleichzeitigen Frischens. ✓

Feinen und Läutern.

Die Entkieselung des Roheisens im flüssigen Zustande erfolgt selten im Hochofen selbst, in welchem die Windströme dann auf das angesammelte und von der Schlackendecke befreite Roheisen gerichtet

*) Vergl. Seite 5.

(Läutern), oder in welchen die Eisenoxyde (Rotheisenstein, Gaarschlacken) mit dem Winde eingeblasen werden (Füttern), vielmehr meistens in besonderen Apparaten.

Für die Vorbereitung zum Heerdfrischprozesse bedient man sich ähnlicher, oft sogar derselben Apparate, wie zum Frischen selbst. Man nennt die Arbeit dann das Hartzerrennen und führt sie stets unter Anwendung von Holzkohlen aus, mit denen man den Heerd füllt. Das geschmolzene Roheisen tropft durch den eingeführten Windstrom und sammelt sich in mehr oder weniger gefeintem Zustande auf dem Boden an.

Für die Vorbereitung zum Puddeln benutzt man mit Koks geheizte Feuer (Feinfeuer) oder durch Steinkohle oder Generatorgase erhitze Flammenöfen (Feinöfen).

Ein Feinfeuer ist in Fig. 121, 122 u. 123 dargestellt. Fig. 121 ist ein vertikaler Durchschnitt durch 2 Formen (nach *GH*), Fig. 122, Seite 176, ein rechtwinklig dazu stehender Vertikal-Durchschnitt (nach *CD*), Fig. 123, Seite 176, ein Horizontal-Durchschnitt (nach *AB*).

Fig. 121.

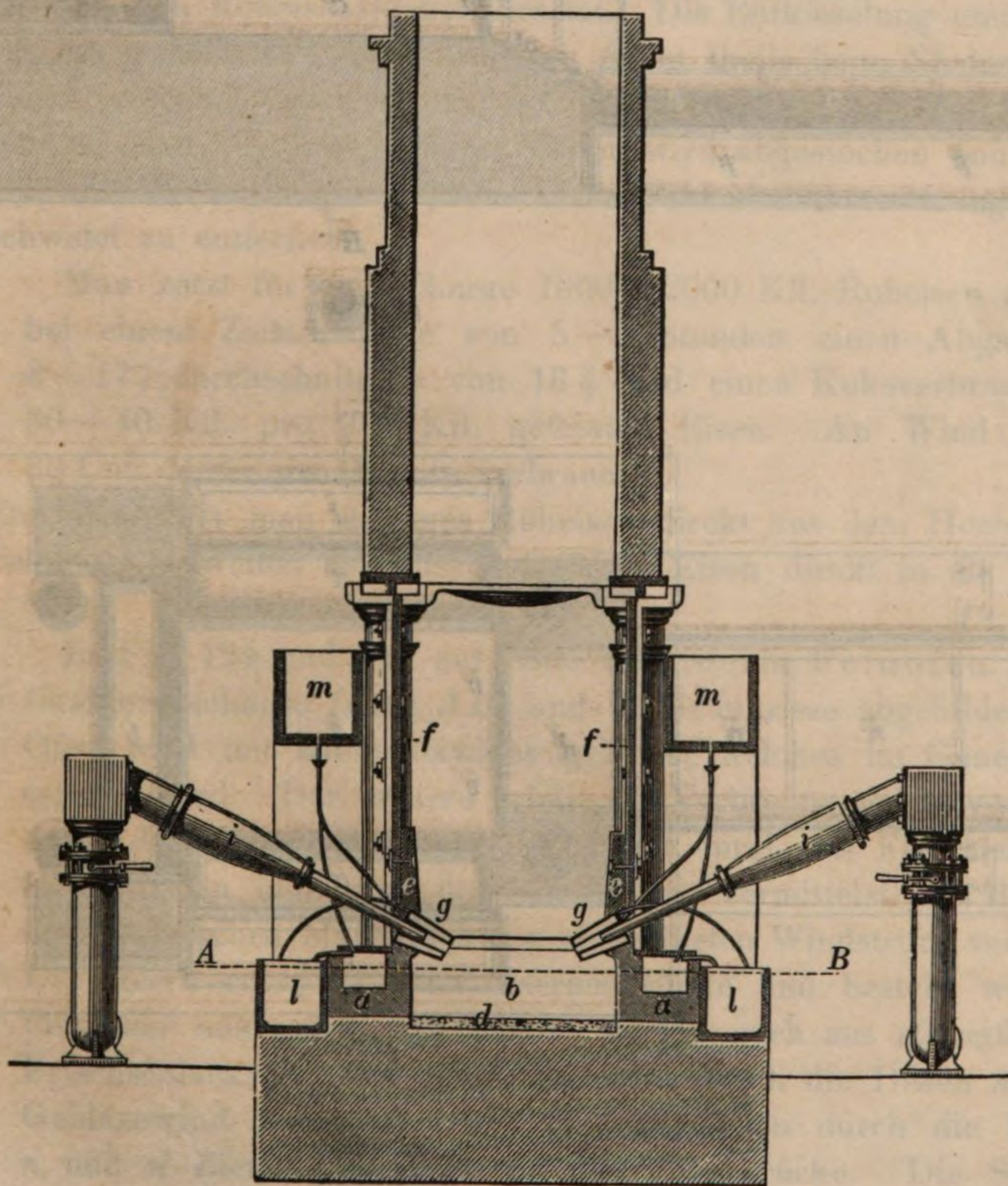
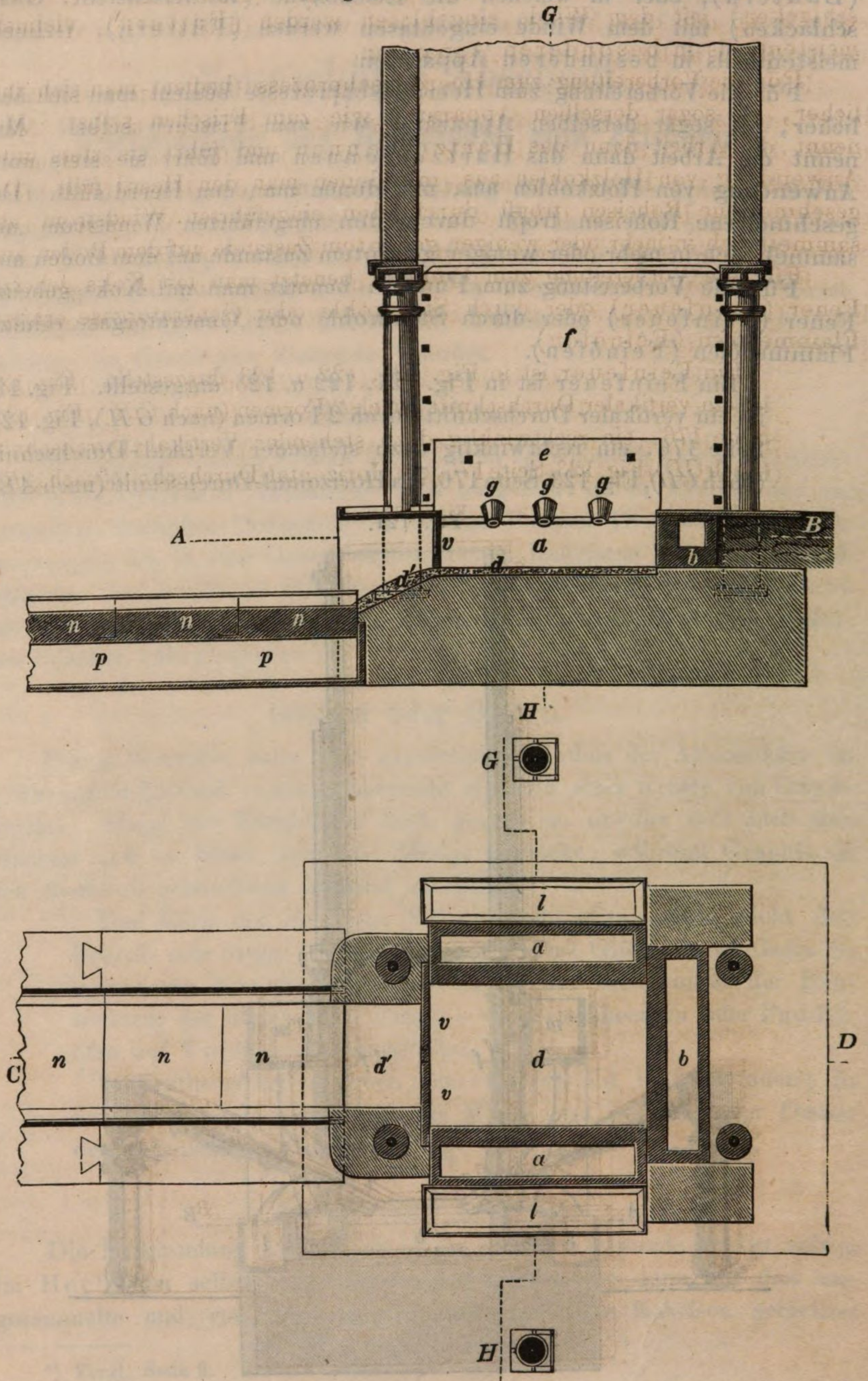


Fig. 122 und 123.



Das Feuer ist durch drei hohle Eisenkästen aa und b , in denen Wasser cirkulirt, und durch die mit dem Abstichloch versehene Eisenplatte vv begrenzt. Die auf dem Fundamente ruhende Sohle d , die sich auch auferhalb (d') fortsetzt, besteht aus gefrittetem Quarzsande. Der Wind strömt aus ii durch sechs Wasserformen g in das Feuer. Zum Schutze der Arbeiter ist das Feuer bis zu der auf Säulen ruhenden Esse durch Platten e und f geschlossen. Das Kühlwasser kommt aus m und sammelt sich wieder in l . — An die Vorderseite des Feuers schliessen sich die durch den Luftkanal p gekühlten eisernen Formen n .

Die Länge eines sechsförmigen Feinfeuers ist durchschnittlich 1,7, die Breite 1,1, die Tiefe unter den Formen 0,4 Meter; die Entfernung der Esse von der Sohle beträgt 2 Meter. Die Formen ragen 13—15 Centimeter weit in den Heerd und haben 3 Centimeter weite Augen. Der meist vom Hochofengebläse gelieferte Wind bedarf einer Pressung von 10—18 Dekagr. pro □Cent.

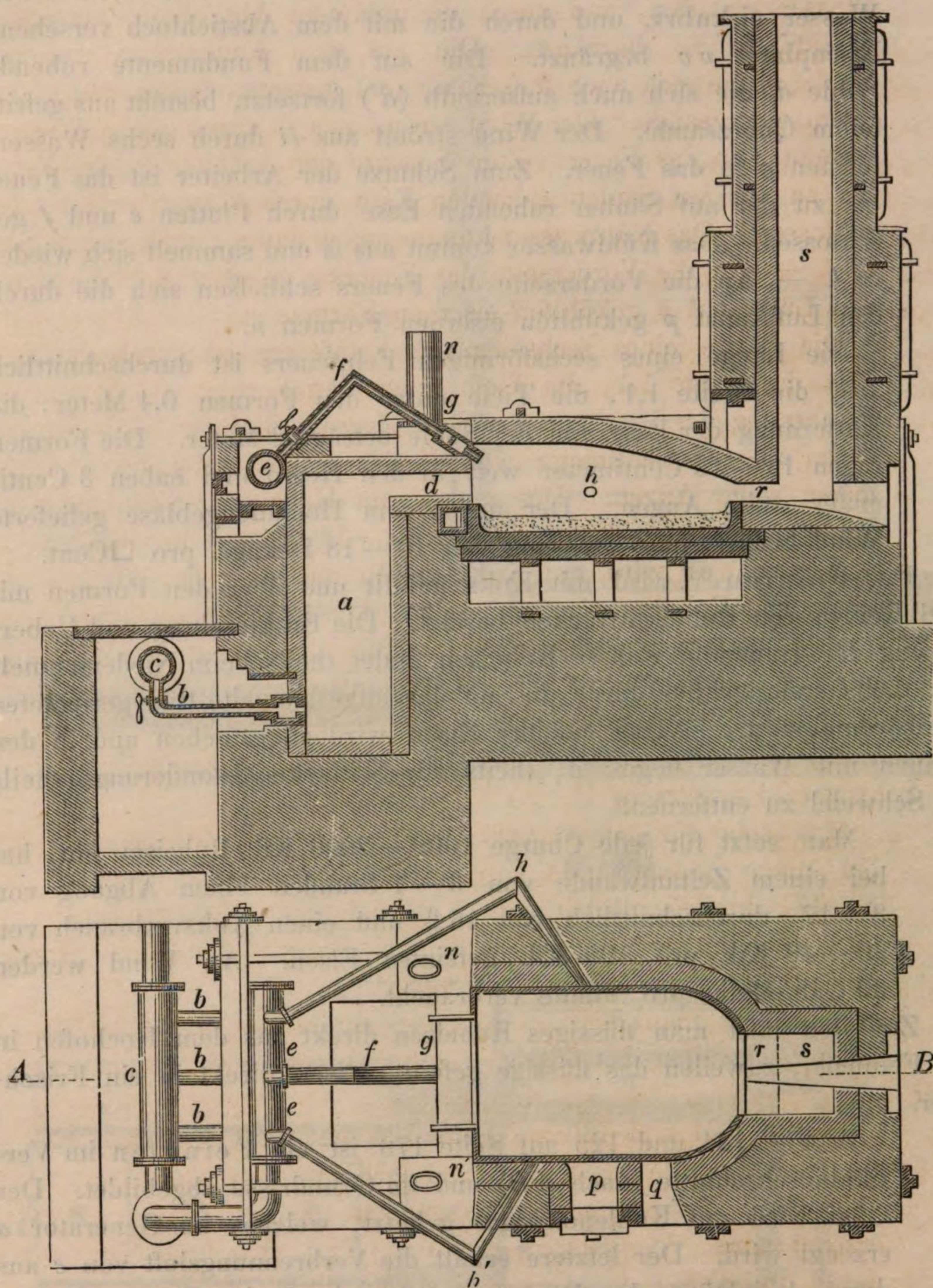
Das Feinfeuer wird mit Koks gefüllt und über den Formen mit zwei Reihen von Roheisenstücken besetzt. Die Entkieselung und Ueberführung des grauen in weißes Roheisen findet theils beim Niederschmelzen, theils erst nachher durch die auf das angesammelte Bad gerichteten Windströme statt. — Das gefeinte Eisen wird abgestochen und in den Formen mit Wasser begossen, theils zur Schlackenabsonderung, theils um Schwefel zu entfernen.

Man setzt für jede Charge 1000—2000 Kil. Roheisen ein, hat bei einem Zeitaufwande von 3—4 Stunden einen Abgang von 8—17, durchschnittlich von $16\frac{0}{0}$ und einen Koksverbrauch von 30—40 Kil. pro 100 Kil. gefeintes Eisen. An Wind werden 30 Cub.-Meter pro Minute verbraucht.

Zuweilen läßt man flüssiges Roheisen direkt aus dem Hochofen in das Feinfeuer, zuweilen das flüssige gefeinte Eisen direkt in ein Frischfeuer.

In Fig. 124 und 125 auf Seite 178 ist ein Feinofen im Vertikaldurchschnitte (nach AB) und im Grundrisse abgebildet. Der Ofen wird mit Kohlenoxydgas geheizt, welches im Generator a erzeugt wird. Der letztere erhält die Verbrennungsluft von c aus durch drei Düsen b . Das Gas strömt durch das Flammenloch d in den Ofen und wird dort durch den vermittelst des Rohres f und des flachen Mundstückes g eingeführten Windstrom verbrannt. Der Heerd ruht auf einer eisernen Platte und besteht wie beim Feinfeuer aus gefrittetem Sande, z. Th. auch aus strengflüssigen Frischschlacken. Auf denselben wird durch die Düsen h und h' Gebläsewind geleitet. Die Gase entweichen durch die Esse s ; n und n' dienen zur Kühlung der Feuerbrücke. Die Schlacke

Fig. 124 und 125.



wird durch die Oeffnung *r* gezogen; *p* dient zum Einsetzen und Probenehmen, *q* zum Abstich. Der Heerd ist 1,5 Meter lang, 1,2 Meter breit an der Feuerbrücke, 0,31 Meter am Fuchse und liegt an der Feuerbrücke 0,4 Meter unter dem Gewölbe. Die Esse hat 0,4 Meter im Quadrat.

Der Feinofen wird heiß gemacht, dann mit Roheisen besetzt. Ist das letztere eingeschmolzen, so wird der Wind (durch *h* und *h'*) auf seine

Oberfläche geleitet. Die Beschaffenheit des bearbeiteten Eisens wird durch Proben bestimmt. Zur Verminderung des Eisenabganges durch Verschlackung von Theilen der gemauerten Ofenwandungen wird oft ein geringer Kalkzuschlag gegeben. Ist der richtige Grad der Feinung eingetreten, so wird Wind und Gas abgestellt und das Produkt in eiserne Formen abgestochen.

Man setzt 2000 Kil. ein, hat einen Abgang von ca. $10\frac{0}{0}$, braucht 0,087 Cub.-Meter Steinkohle und 1 Kil. Kalk pro 100 Kil. Feisen. Die Dauer einer Charge beträgt 4—5 Stunden.

Das Feinfeuer hat den Vorzug geringerer Anlage- und Unterhaltungskosten und leichter Arbeit; der Feinofen bedingt geschickte Arbeiter, liefert aber bei durchschnittlich geringerem Eisenabgange weit sicherer ein Produkt von vorher bestimmter Beschaffenheit.

Zwanzigster Abschnitt.

1. Das Heerdfrischen. *)

Das Heerdfrischen wird mit Holzkohlen, welche durch Gebläsewind verbrannt werden, in Heerden (Frischfeuern) ausgeführt, welche kastenförmige Gestalt haben und aus gußeisernen Platten (Zacken) zusammengesetzt sind. Nur behufs der Erzeugung von Stahl läßt man den Boden aus einem Steine bestehen.

Fig. 126, Seite 180 stellt ein Frischfeuer im Grundriss, Fig. 127, Seite 180 dasselbe im Aufriss dar. *a* und *b* sind zwei Mauern, durch deren erstere die Form gelegt ist. Sie lehnt sich auf einen in das Feuer geneigten Zacken (den Formzacken *f*). Demselben gegenüber steht ein aus dem Feuer geneigter Zacken (der Gichtzacken *g*), über welchen das zu schmelzende Roheisen in das Feuer geschoben wird. *h* ist der Hinterzacken, auf dem zuweilen noch ein zweiter Zacken (der Aschenzacken *i*) ruht; *k* ist der Bodenzacken, unter dem sich oft ein Kühlraum befindet. Nach vorn wird der Heerd durch die Vorheerdplatte (den Schlackenzacken, Vorderzacken *m*) begränzt, welche eine Stichöffnung für die Schlacke besitzt und das ganze den Heerd umschließende Mauerwerk einfaßt. Auf derselben ruht

*) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischheerden.

Fig. 126.

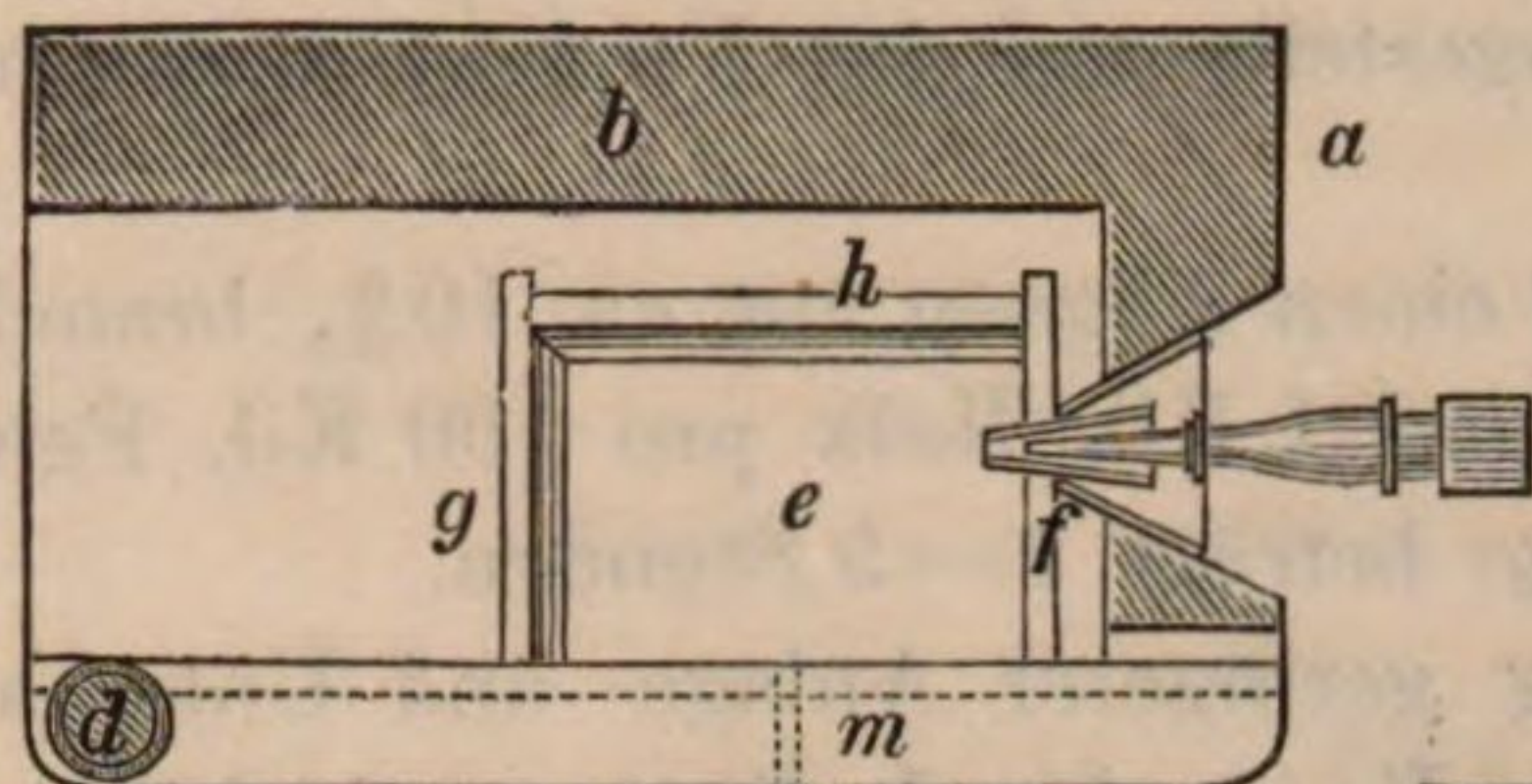


Fig. 127.

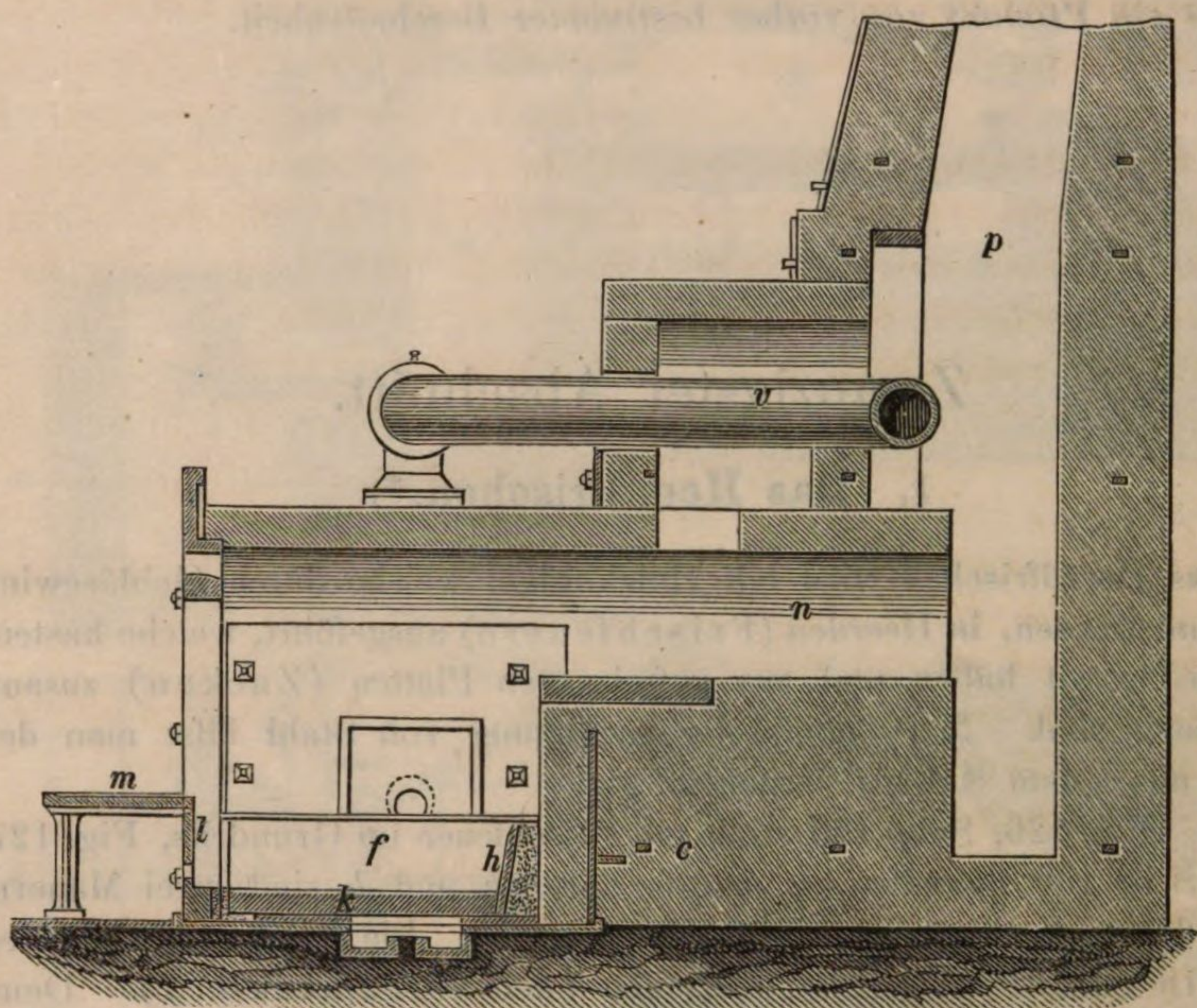
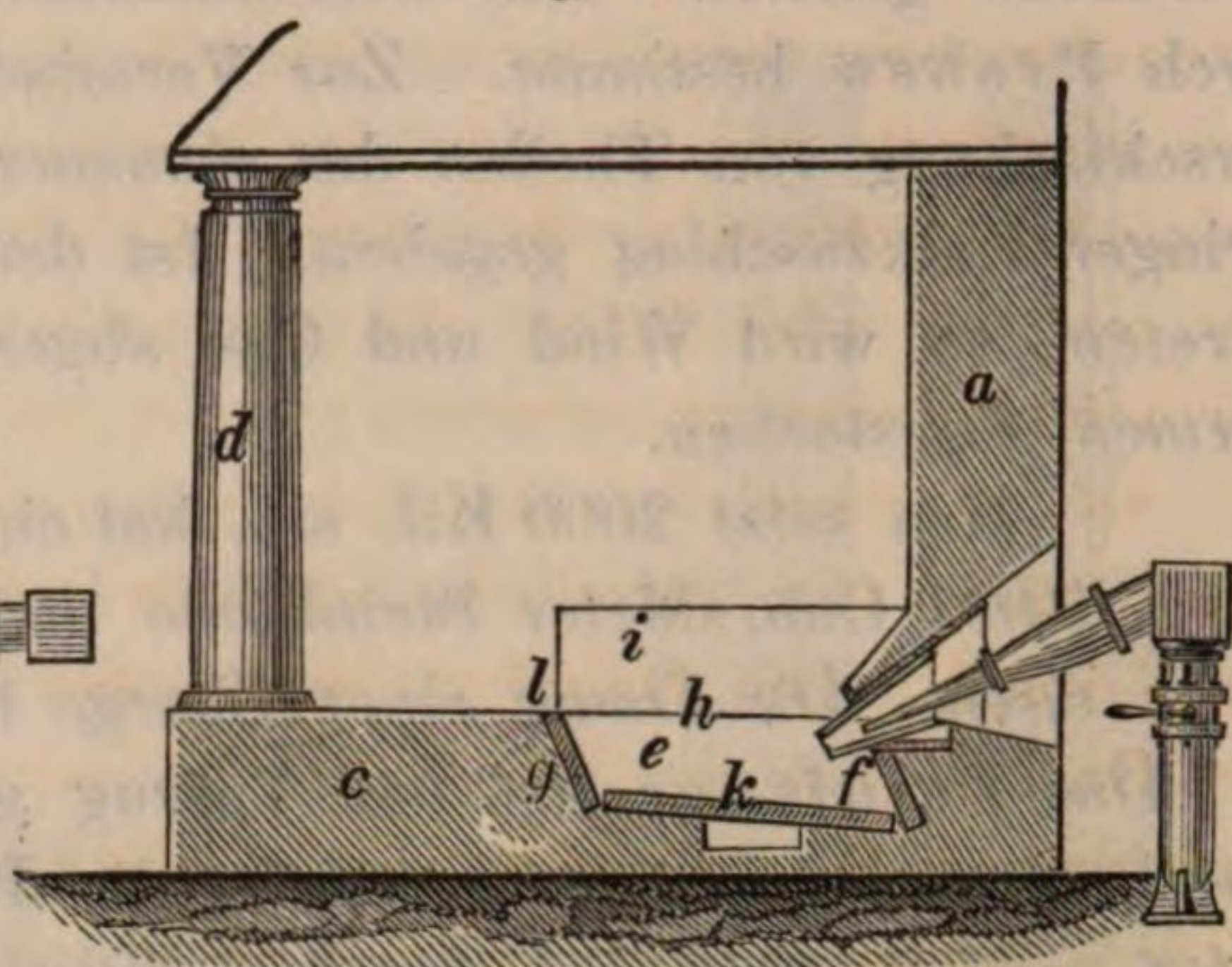


Fig. 128.

eine breitere Arbeitsplatte. Die Säule *d* stützt einen in eine Esse ausmündenden Rauchmantel.

Die durchschnittlichen Dimensionen sind 63—96 Centim. Länge und Breite, und 19—25 Centim. Tiefe unter der Form.

Der Verlust an Wärme, den die offenen Frischfeuer mit sich bringen, hat Veranlassung gegeben, dieselben zu überwölben und die abgehende Flamme zur Vorwärmung und zum Glühen*) des Roheisens, sowie zur Erhitzung der Gebläseluft zu benutzen.

*) Vergl. Seite 174.

Fig. 128, Seite 180 stellt ein bedecktes Frischfeuer dar. f ist hier der Form-, h der Hinter-, k der Boden- und l der Schlacken-zacken, m die Arbeitsplatte. Die Gase gehen theils durch den Vorheerd n , theils durch den Raum v , wo sie den Wind erhitzen, in die Esse p . — Auch in offenen Feuern bringt man zuweilen Winderwärmungsapparate an der Formwand an.

Je rohschmelziger ein Eisen ist, um so langsamer verläuft der Frisch-prozess. Ist ein rohschmelziges Roheisen gleichzeitig unrein, so kann der Prozess nicht beschleunigt werden, ist es aber rein, so kürzt man den Prozess absichtlich ab (ruft Gargang hervor) und zwar abgesehen von Zuschlägen und Art der Arbeit durch den Feuerbau und die Windführung. Ist ein Roheisen garschmelzig und dabei unrein, so verlangsamt man den Prozess absichtlich (ruft Rohgang hervor).

Gargang wird hervorgerufen durch eine geringe Tiefe des Feuers, starke Neigung der Form, geringes Ueberragen derselben in's Feuer, Neigung des Bodenzackens zum Formzacken (siehe Fig. 127, Seite 180), ferner durch schwache Pressung des Windes, Anwendung kalter statt erwärmter Gebläseluft. Die umgekehrten Mittel rufen Rohgang hervor.

Man braucht pro Minute:

beim { rohschmelzigen Eisens 4,3—4,6 Cub.-Met. }	mit 4,9 Dekagr. Pressung pro □Cent.
Feinen { garschmelzigen Eisens 4,9—5,6 „ }	
beim Rohfrischen 6,2—6,5 Cub.-Met.	mit 3,7 Dekagr. Pressung pro □Cent.,
beim Garfrischen 7,4—7,7 „ „ 7,3 „ „ „ „	

Den Wind erzeugt man zwar gegenwärtig meist durch eins der bereits angeführten Gebläse *), bedient sich indessen auch noch zuweilen der Balgen. **)

Die ledernen Bälge bestehen aus zwei Holztafeln, welche durch ein in Falten gelegtes Leder verbunden sind. In der Bodentafel liegt das Einlaßventil, welches sich nach innen öffnet und $\frac{1}{12} - \frac{1}{15}$ der ersteren im Querschnitte hat. Der Windeffekt ist durchschnittlich = 0,4. — Sind die Holztafeln trapezisch geformt, so nennt man den Balg Spitzbalg, sind sie kreisförmig, so heißt er Cylinderbalg. Im ersten Falle dreht sich der bewegliche Boden um eine horizontale Axe, im letzteren wird er parallel zu dem andern Boden vertikal auf- und nieder bewegt. Oft sind die Lederbälge doppelwirkend. Als Regulator dient meist ein besonderer Balgregulator ***), doch ist derselbe auch oft direkt mit dem Balge selbst verbunden.

*) Vergl. Seite 66, 150 und 151.

**) Hauer, Hüttenwesensmaschinen Seite 41.

***) Vergl. Seite 72 und Fig. 39.

Seltener kommen hölzerne Spitzbälge vor, welche aus einem Kasten von trapezförmigem Horizontalquerschnitte bestehen, in dem sich ein ebenso geformter hölzerner, mit Einlaßventil versehener Boden um eine horizontale Axe auf- und abbewegt (Schämelbälge). Zuweilen steht der Boden fest und der Kasten wird bewegt. Der Boden schließt an die Innenwände des Kastens mit Lederliderung an.

Einen einigermaßen gleichmäßigen Luftstrom kann man nur durch gleichzeitige Anwendung zweier oder mehrerer Bälge erzielen. — Als Motor dient stets ein Wasserrad.

Beim Heerdfrischprozeß treten alle jene chemischen Reaktionen ein, welche Seite 12 und 171 aufgeführt worden sind. Sie verlaufen in drei Perioden, wenn das Material graues Roheisen und das Produkt Schmiedeseisen ist. Man nennt in diesem Falle die Arbeit Dreimalerschmelzerei.

Ist das Roheisen vorher gefeint oder wird ein dem gefeinten Eisen in seiner Beschaffenheit ähnliches Roheisen angewendet, so fällt die erste Periode fort und es entsteht die Zweimalerschmelzerei. War die Feinarbeit bis zu beginnender Entkohlung fortgesetzt oder ist das Material ein dem Stahle nahe stehendes Roheisen, so reicht eine einmalige Behandlung im Feuer aus und es entsteht Einmalerschmelzerei.

Soll Stahl erzeugt werden, so wird bei Anwendung grauen Roheisens der Prozeß die zwei ersten Perioden umfassen müssen (Zweimalerschmelzerei), bei Anwendung gefeinten oder diesem ähnlichen Materials endlich nur die zweite Periode beanspruchen (Einmalerschmelzerei).

1. Schmiedeisenerzeugung.

a. Dreimalerschmelzerei.

Die Dreimalerschmelzerei oder das deutsche Frischen zerfällt in die drei Perioden des Feinens oder Gänzeschmelzens, des Rohfrischens und des Garfrischens. Zwischen der ersten und zweiten liegt die Operation des Durchbrechens, zwischen der zweiten und dritten die des Aufbrechens.

Vor dem Beginn der Arbeit wird der Heerd von allen Ansätzen aus der vorhergehenden Charge gereinigt, an den Rändern mit Kohlenlösche, im Uebrigen mit Holzkohlenstücken gefüllt und mit Roheisen besetzt. Das letztere wird über den Gichtzacken hinaus allmähig in den Heerd geschoben und schmilzt in Tropfen, welche durch den Windstrom fallen und dabei oxydirt werden, nieder. Während dieser Periode wird die Abhitze zum Ausschmieden der Schirbeln (Stücke des vorher erzeugten Deuls) benutzt. Das gefeinte Eisen sammelt sich auf dem Boden.

Die Feinschlacke wird z. Th. abgestochen und geht zur Halde oder zum Hochofen.

Je reiner und je graphitärmer das Roheisen ist, um so mehr darf die Feinperiode beschleunigt werden, also auf Gargang gearbeitet werden.

Die Holzkohlen werden nun aus dem Feuer geräumt und das gefeinte Eisen wird, nachdem es erstarrt ist, in mehrere Stücke zerbrochen (durchgebrochen). Die so erhaltenen Stücke hebt man mittelst einer Brechstange auf die Holzkohlen, mit denen das gereinigte Feuer wieder bis über die Form gefüllt ist. Bei dem erneuten Niederschmelzen beginnt die Entkohlung des abermals tropfenweis durch den Windstrom gelangenden Eisens bis zu dem Kohlungsgrade des Stahls. Im Anfang dieser Periode des Rohfrischens scheidet sich eine besonders phosphorreiche Rohschlacke ab, welche sorgfältig entfernt wird.

Je besser gefeint das Eisen in der ersten Periode war und je freier von Phosphor es ist, um so mehr wird auf Gargang gearbeitet. Hinreichende Phosphorabscheidung gelingt dagegen jetzt nur bei Rohgang (niedriger Temperatur).

Der in teigigem Zustande auf dem Boden angesammelte Stahlklumpen wird ganz emporgehoben (aufgebrochen) und nachdem das Feuer abermals gereinigt und mit Holzkohle gefüllt worden ist, von Neuem niedergeschmolzen.

Das Eisen wird jetzt nicht mehr ganz flüssig, sondern die einzelnen mit leichtflüssiger Schlacke umhüllten Krystalle lösen sich von einander und gelangen so einzeln durch den Windstrom.

Die Entkohlung bis zum Schmiedeeisen wird in dieser Periode des Garfrischens durch Zuschläge von Garschlacke, Hammerschlag u. s. w. befördert. Die jetzt neugebildete Garschlacke wird abgestochen und für die nächste Charge verwahrt, das teigige Eisen mit Brechstangen zusammengedrückt, die Holzkohle aus dem Heerde geschafft. Der fertige Klumpen (Deul, Dachel, Luppe) wird aus dem Feuer gehoben und unter einem Hammer von Schlacke (Schwahl) befreit (gezängt).

Hierbei giebt man dem Deul die Form eines flachen Kuchens, der in mehrere Theile (Schirbel) zerschroten wird. Die Schirbel werden bei dem nächsten Gänzeschmelzen im Feuer erhitzt (ausgeheizt) und zu Stäben u. s. w. geschmiedet, wovon später die Rede sein wird. — Man verbraucht auf 100 Kil. (ausgeschmiedetes) Schmiedeeisen 1—1,5 Cub.-Meter Holzkohle. Das Ausbringen beträgt 72—75 $\frac{0}{0}$. Bei Benutzung von Vorglühheerden sinkt der Brennmaterialverbrauch bis auf 0,70 Cub.-Meter und steigt das Ausbringen bis auf 80 $\frac{0}{0}$, selbst 85 $\frac{0}{0}$. Für jede Charge verwendet man 100—200 Kil. Roheisen, durchschnittlich 120 Kil. und braucht 4—6 Stunden Zeit zum Verfrischen.

Es kommen mancherlei Abweichungen von der normalen Dreimalerschmelzerei vor, welche meist von lokalen Verhältnissen und Gewohnheiten abhängig sind.

Wird das gefeinte Eisen nach der ersten Periode als ganzer Klumpen aufgebrochen, so nennt man die Arbeit Klumpfrischen. Das Klumpfrischen ist zur Darstellung harten (stahlartigen) Eisens geeignet, erfordert aber mehr Brennmaterial (1,5—1,64 Cub.-Meter).

Beim französischen Frischen (Franche-comté-Schmiede) beschleunigt man die Arbeit durch wiederholtes Aufbrechen in der Garfrischperiode vor völligem Niedergange des Eisens. Werden die einzelnen garen Stücke sofort aus dem Feuer genommen und zu Kolben ausgeschmiedet, so entsteht das Kolbenfrischen (Suluschmiede).

Anlauffrischen (Judenfrischen) nennt man die Arbeit, wenn das niederschmelzende gare Eisen ganz oder theilweise an kalten, in das Feuer geführten Stäben in Mengen von je 5 bis 10 Kil. aufgefangen und sofort ausgeschmiedet wird. Das Anlauffeisen ist besser, der Rückstand schlechter als das Mittel.

Wird das Schirbeleisen in einem getrennten Feuer oder Ofen ausgeheizt, so erhält die Arbeit den Namen Halbwallonenfrischen.

b. Zweimalerschmelzerei.

Die Zweimalerschmelzerei oder das Wallonenfrischen verlangt gefeintes oder siliciumarmes weißes Roheisen. Dasselbe wird nach oder mit garenden Zuschlägen (Garschlacke, Schwahl, Hammerschlag u. s. w.) eingeschmolzen. Der sich auf dem Boden sammelnde und von der Schlacke befreite Stahl wird aufgebrochen und unter erneutem Zuschlage von Garschlacke u. s. w. in Schmiedeeisen umgewandelt.

Heißer Wind ist unentbehrlich; Vorglühheerde erleichtern den Prozeß wesentlich. Das Ausheizen der Schirbeln erfolgt stets in einem besonderen Feuer oder Ofen.

Je reiner das Eisen ist, um so garer kann der Gang der Arbeit eingerichtet werden.

Im Allgemeinen wird die Arbeit wie in den beiden letzten Perioden der Dreimalerschmelzerei ausgeführt und auch der Deul auf dieselbe Weise behandelt.

Lancashire-Frischen nennt man die Arbeit, wenn gefeintes Eisen auf einen vorher gebildeten Boden von Garschlacke eingeschmolzen und dann aufgebrochen wird. Die Methode wird meist mit nur 75—100 Kil. Roheisen pro Charge ausgeführt, giebt einen je nach der Reinheit des Roheisens sehr wechselnden Abbrand (durchschnittlich 10—20 $\frac{0}{0}$) und erfordert pro 100 Kil. Deuleisen

0,75—1,1 Cub.-Meter Holzkohle. Wird das gefeinte Eisen im flüssigen Zustande in das Feuer gebracht, dort erstarren gelassen und durchgebrochen, so heißt die Arbeit (welche in dieser Weise besonders zur Weißblechfabrikation in Süd-Wales angewendet wird) Süd-Waleser Frischen. Im Hochofen geläutertes Eisen wendet die Eifler Frischarbeit an, welche sich durch mehrfaches Aufbrechen während der Arbeit an das französische Frischen anschließt. Aehnlich verfährt man bei dem Danemora-Frischen, wobei indessen unvorbereitetes weißes Roheisen benutzt wird. Das Mügla- oder Brocken-Frischen unterscheidet sich dadurch von den genannten Zweimalschmelzereien, daß das Einschmelzen nicht auf einen Boden von Garschlacken erfolgt, sondern daß letztere erst in das einmal niedergegangene Eisen (den Stahl) eingerührt werden.

c. Einmalschmelzerei.

Für die Einmalschmelzerei oder Schwahlarbeit kann man nur ein kohlenstoffarmes, daher stahlartiges, manganhaltiges, im Uebrigen aber reines Roheisen oder ein durch Feinen in diesen Zustand umgewandeltes Eisen gebrauchen.

Es wird stets zuerst ein Garschlackenboden gebildet und auf diesen das Eisen unter Beimengung von Schwahl eingeschmolzen. Das Produkt soll dann sofort Schmiedeeisen sein. Oft ist ein Theil desselben indessen noch zu kohlenstoffhaltig (zu roh) und erfordert daher ein Aufbrechen und erneutes Niederschmelzen. Man nennt diese den Uebergang zur Zweimalschmelzerei bildende Operation das Nachrennen. Häufig beschleunigt man das Garen durch Zusatz von Schmiedeeisenbrocken.

Die österreichische Schwahlarbeit bedient sich eines Vorglühheerdes. Sie verbraucht bei einem Abgange von 14 bis 15 $\frac{0}{0}$, ca. 1 Cub.-Meter Holzkohle auf 100 Kil. Deuleisen. In Steyermark bildet man durch nasse Kohlenlösche eine Unterlage für den Schwahlboden und nennt darnach die Arbeit Löscharbeit; ähnlich verfährt man bei der Henneberg'schen Frischarbeit. Beide Methoden erfordern einen sehr hohen Brennmaterialaufwand. — Bei der Siegen'schen Schwahlarbeit hält man das Eisen in Stücken vor der Form, bis es gar ist; bei dem Osmund-Frischen nimmt man gleichzeitig Anlauf. — Unterabtheilungen entstehen durch die verschiedenen Vorbereitungsarten, welche das Eisen erleidet, wenn es im gefeinten Zustande benutzt wird (z. B. Bratfrischen, Zerrennfrischen oder Weichzerrennen).

Widerstand des Eisens, Aussehen der Schlacke, Helligkeit der Flamme und der Funken geben dem Frischer das Anhalten für den Verlauf des Prozesses.

Je mehr entkohlt das Eisen bei gleicher Temperatur ist, um so mehr Widerstand bietet es. Rohschlacke ist sehr flüssig und von rother Farbe beim Abstich; sie krystallisirt meist bei dem Erkalten (nach Olivin). Garschlacke fließt träge und weiß beim Abstich, erstarrt langsam und zeigt meist dichten Bruch. Die Flamme nimmt mit dem Verlauf des Prozesses an Helligkeit zu und ebenso die Funken. Rothe Funken bestehen aus Schlacken-theilchen, weiße sternartige Funken aus verbrennendem Eisen.

Die Nothwendigkeit Holzkohlen anzuwenden, die Schwierigkeit aus einem unreineren Roheisen, wie es meist der Koksofenbetrieb liefert, ein brauchbares Produkt zu machen, das Erforderniß besonders geschickter Arbeiter und die geringe Produktion sind Veranlassung gewesen, daß der Heerdfrischprozeß überall von dem Puddelprozeß verdrängt worden, wo nicht reichliche Waldungen, billige Arbeitslöhne und unzureichende Verkehrsstraßen sein Bestehen gesichert haben und noch sichern.

Die Vorzüglichkeit des Produktes bei Anwendung reinen Materials, im Gegensatz zu dem Produkte des Puddelprozesses hat dem Heerdfrischprozeß indessen auch in Gegenden, welche den genannten Bedingungen nicht entsprechen (z. B. in Süd-Wales), eine beschränkte Anwendung erhalten.

2. Stahlerzeugung.

Wenn irgend einer der Schmiedeisenfrischprozesse mit Ablauf der zweiten Periode unterbrochen wird, so ist das Produkt Stahl. Die Schwierigkeit indessen bei gewöhnlichem Verlaufe der Arbeit bis zu dieser Zeit die Unreinigkeiten des Roheisens hinreichend abzuscheiden, veranlaßt eine besondere Behandlung des Feuers zum Zwecke der Darstellung von Stahl.

Bei Koks erblasenes unreines Roheisen ist fast gar nicht für Stahl zu brauchen, da es auf den Kohlenstoffgehalt des letzteren gelangt, ehe es hinreichend gereinigt ist.

Das verhältnißmäßig kleine Feuer wird auf Rohgang gebaut*), nur die Form behält eine starke Neigung ($12 - 25^{\circ}$). Dadurch wird der Frischprozeß verzögert und doch die Möglichkeit gewährt, das Eisen am Boden des Feuers weiter zu oxydiren. Die Abkühlung wird durch Anwendung eines Sandsteinbodens vermindert. Das Garmachen erfolgt unter einer flüssigen (daher meist manganhaltigen) Schlacke. Das Ein-

*) Vergl. Seite 181.

schmelzen geschieht allmählig und in kleinen Mengen (Heißen), um den Prozeß möglichst in der Gewalt zu behalten.

Die Stahlerzeugung erfordert daher trotz des kürzeren chemischen Prozesses größeren Brennmaterialaufwand und längere Dauer als die Schmiedeisendarstellung.

Man benutzt möglichst reines Materialeisen, vorzüglich wenn ein garschmelziges verwendet werden soll. Rohschmelziges Eisen (sowohl graues wie Spiegel-Eisen) kann auch in etwas unreinerem Zustande noch mit Erfolg auf Stahl verarbeitet werden.

Den fertigen Stahldeul, welcher auch Schrei genannt wird, behandelt man wie den Deul bei der Schmiedeisenerzeugung, doch geschieht das Ausheizen der Schirbeln fast stets in geschlossenen Feuern, um eine weitere Oxydation und Entkohlung zu verhindern.

a. Zweimalschmelzerei.

Für die Zweimalschmelzerei verwendet man rohschmelziges (graues und Spiegel-Eisen). Die erste Periode entspricht zwar hierbei dem Feinprozeß, aber sie wird durch Zusatz von Garschlacke bereits bis zu beginnender Entkohlung getrieben. Nach dem Feinen wird das auf den Boden gegangene Eisen ohne Aufbrechen gar gemacht. Die zweite oder Stahlbildungsperiode wechselt mit der Feinperiode in Folge davon, daß jedesmal nur geringe Mengen von Roheisen für sich behandelt werden, in gewissen Gränzen stetig ab und der ganze Prozeß wird dadurch zu einer einzigen fortlaufenden Operation.

Beim norddeutschen Stahlfrischen wird graues Roheisen (zusammen ca. 100 Kil.) in Heißen von 12 — 15 Kil. nach und nach eingeschmolzen und das gefeinte Eisen jeder Heiße auf dem Boden unter Einrühren garender Zuschläge entkohlt. Der Abbrand beträgt 28 — 30 $\frac{0}{0}$, der Aufwand an Holzkohle 1,8 bis 2,4 Cub.-Meter pro 100 Kil. Produkt.

Nach der Dauphiné'er Methode, zu welcher man dunkelgraues Roheisen verwendet, wird das gefeinte Eisen durch den darauf gerichteten Windstrom oxydirt und die Gare durch Einrühren von Schwahl u. s. w. befördert. Die von einem Einsatze bis zu 1250 Kil. herrührende Eisenmasse wird in einzelnen Scheiben (Krusten), welche gar geworden sind, aus dem Feuer gehoben und gezängt.

Nach der Siegener Methode verarbeitet man Spiegeleisen und Weißstrahl. Zuerst wird auf dem Schlackenboden eine ca. 15 — 20 Kil. schwere Heiße von Weißstrahl, dann ein Gemisch von Weißstrahl und Spiegeleisen (35 — 40 Kil.), endlich nur Spiegeleisen in Heißen von abnehmender Schwere eingeschmol-

zen, im Ganzen etwa 250 Kil. Roheisen. Jede Heiße wird für sich gar und zwar übergar gemacht und dann wieder durch die nächstfolgende einschmelzende zurückgekühlt. Der Abgang beträgt 20—25 $\frac{1}{2}$, der Kohlenverbrauch etwas über 1 Cub.-Meter, die Dauer einer Charge 8 Stunden.

b. Einmalschmelzerei.

Zur Einmalschmelzerei bedient man sich nur sehr reinen garschmelzigen Roheisens (meist der luckigen Flossen) oder gefeinten Eisens. Man sucht die Entkohlung beim Niederschmelzen so zu leiten, daß sie nie zu weit vorschreitet und der Stahl daher gewöhnlich noch eine wenn auch kurze Behandlung auf dem Boden erfordert. Die Schlacke wird sowohl, wenn sie sich in zu großen Mengen ansammelt, als auch wenn sie zu gar wird, abgestochen.

Bei dem steyerischen Stahlfrischen besteht der Boden aus einer mit Lösche bedeckten Lehmschicht. Man schmilzt das weiße Eisen in zwei Heißen von 60 und 15—30 Kil. Gewicht nach einander ein, sticht die Schlacke ab und hebt den garen Schrei aus. Der Abgang beträgt 9—10 $\frac{1}{2}$, der Kohlenverbrauch 2—2,5 Cub.-Meter.

Nach der Kärnthner Methode bildet man zuerst durch Verschmelzen nicht gefeinten Eisens ein flüssiges Bad (Sauer), läßt dieses erkalten, bricht das Eisen durch und setzt erst dann das durch Hartzerrennen vorbereitete Eisen nach. Bei einem Abgange von 20—30 $\frac{1}{2}$ verbraucht man auf 100 Kil. Stahl über 3 Cub.-Meter Holzkohle.

Auch beim Stahlfrischen bieten die Consistenz des Eisens, das Aussehen der Schlacke (Lacht), die Helligkeit der Flamme (Lauch) und der Funken Kennzeichen zur Beurtheilung des Prozesses.

Man taucht häufig einen kalten Eisenstab in die Schlacke und beurtheilt die Gare nach dem Ansätze (Frischvogel), welcher um so weißer ist und um so fester haftet, je garer er ist.

Auch das Stahlfrischen im Heerde ist durch andere Prozesse, namentlich das Puddeln, mehr und mehr verdrängt worden und es hat hierzu außer den auch für das Schmiedeisenfrischen gültigen Gründen *), namentlich der Umstand beigetragen, daß der Stahl im Frischfeuer in Folge seiner allmäligen Bildung und Ansammlung nie gleichmäÙig ausfällt und daher erst wieder ausgesucht und durch weitere Prozesse gleichmäÙig gemacht werden muß.

*) Vergl. Seite 186.

Einundzwanzigster Abschnitt.

2. Das Puddeln. *)

Der Puddelprozess wird in Flammöfen ausgeführt, auf deren aus schwerschmelziger Schlacke gebildetem Heerde das Einschmelzen des Roheisens und das Frischen vor sich geht. Die erforderliche Temperatur entsteht unter der Einwirkung einer Flamme, welche durch Verbrennung von festen oder gasförmigen Brennstoffen**) bei Zug-, seltner Gebläse-Luft erzeugt wird. Das bei dem Einschmelzen für sich bereits einer Oxydation unterworfenen, z. Th. auch gleichzeitig mit oxyd- oder oxydoxydulhaltigen Zuschlägen niedergeschmolzene Roheisen sammelt sich, sobald es in den flüssigen Aggregatzustand übergegangen ist, unter einer Decke von Schlacke an, welche jede fernere Oxydation abhalten würde, wenn nicht der Zutritt der Luft zu dem Eisen durch Umrühren (Kratzen, Puddeln) stets von Neuem ermöglicht werden könnte. Je flüssiger, je manganhaltiger und in je reichlicherer Menge die Schlacke vorhanden ist, um so geringer ist beim Kratzen die Oxydation und um so langsamer geht die Entkohlung vor sich.

Will man behufs der Stahlerzeugung die Entkohlung verlangsamen, so wendet man ein manganhaltiges Roheisen an, welches eine gleichzeitig sehr flüssige und schwach entkohlende Schlacke bildet und lässt diese Schlacke im Ofen, während bei Schmiedeisenerzeugung ein Mangangehalt vermieden und die Schlacke zum grossen Theile aus dem Ofen entfernt wird.

Auch beim Puddelprozess kann man die drei Perioden des Feinens, Rohfrischens und Garfrischens unterscheiden.

Man erhält auch hier eine Reihe von Methoden, welche der Dreimal-, Zweimal- und Einmalschmelzerei für Schmiedeisen und der Zweimal- und Einmalschmelzerei für Stahl beim Heerdfrischen analog sind, je nachdem man ein graues, ein weisses, ein mehr oder weniger durch Feinen vorbereitetes Material anwendet. Aber da das beim Heerdfrischen nothwendige Heraufheben der niedergeschmolzenen Zwischenprodukte beim Puddeln fortfällt, so ist die Begränzung der einzelnen Perioden keine so scharfe, wie bei dem ersteren Prozesse. — Man pflegt gerade durch den Puddelprozess sehr häufig ein Produkt zu erzeugen, dessen Kohlenstoffgehalt zwischen Stahl und Schmiedeisen liegt***) und unterscheidet

*) Vergl. Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde III. Abth.; Kerl, Metallurgische Hüttenkunde Bd. III, Seite 482 und 622; Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik 1868, Seite 172. **) Vergl. Abschnitt III. ***) Vergl. Seite 5.

daher das Sehnepuddeln (Schmiedeeisenpuddeln) vom Kornpuddeln (Feinkorn- und Stahlpuddeln). Alle der Mehrmalschmelzerei entsprechenden Methoden nennt man Schlackenpuddeln. — Der der Einmalschmelzerei analoge Prozeß, welcher Trockenpuddeln genannt wird, kommt nur selten zur Anwendung.

Die im Puddelofen erzeugte Hitze reicht nicht aus, um das bis zum Stahl, Feinkorn oder Schmiedeeisen entkohlte Produkt im flüssigen Zustande zu erhalten. Das letztere erstarrt vielmehr zu kleinen Krystallen, welche mit einander in Berührung gebracht zusammenschweißen und zusammenhängende teigige Massen bilden. Treten Theile dieser Massen aus dem Schlackenbade empor, so erleiden sie eine sehr starke Oxydation. Sie werden deshalb, sobald sie auf dem hinreichenden Grade der Entkohlung angelangt sind, zu Bällen (Luppen, Deulen) vereinigt. Die stark zusammengedrückten Luppen bieten dann der Luft weit weniger Angriffspunkte für fernere Oxydation.

Diese Luppen enthalten noch eine große Menge Schlacke eingemengt und werden deshalb, nachdem sie aus dem Ofen genommen sind, einer Zängearbeit*) unterworfen.

Der Puddelofen.

Der Puddelofen zerfällt wie jeder Flammofen in drei wesentliche Theile: den Heerd, den Feuerraum und die Esse. Den Feuerraum und den Heerd verbindet das Flammenloch, den Heerd und die Esse der Fuchs. Das im Heerde befindliche flüssige Material oder Zwischenprodukt wird vor dem Austritt in den Feuerraum durch eine Erhöhung, die Feuerbrücke, und ebenso vor dem Austritt in die Esse durch die Fuchsbrücke geschützt.

Fig. 129, 130 und 131 auf Seite 191 stellen einen Puddelofen, Fig. 129 in äußerer Ansicht, Fig. 130 im Längsschnitt und Fig. 131 im Grundriß dar, Fig. 132 auf Seite 192 zeigt die Esse von der Vorderseite. *a* ist der Schlackenheerd, welcher von eisernen Platten (Heerdplatten) getragen wird. *b* (Fig. 131) ist die Arbeitsthür, durch welche das Material eingesetzt und das Produkt herausgenommen wird. Während des Einschmelzens ist dieselbe ganz geschlossen; während des Frischens bleibt nur eine kleine Oeffnung *c* frei, durch welche das Rührinstrument, die Kratze, in den Ofen gebracht und in demselben bewegt werden kann. Die kleine Oeffnung *d* unterhalb der Schwelle an der Arbeitsthür (Fig. 129) dient zum Ablassen der im Ofen nicht gebrauchten Schlacke.

*) Vergl. Seite 171 und 183.

Fig. 129.

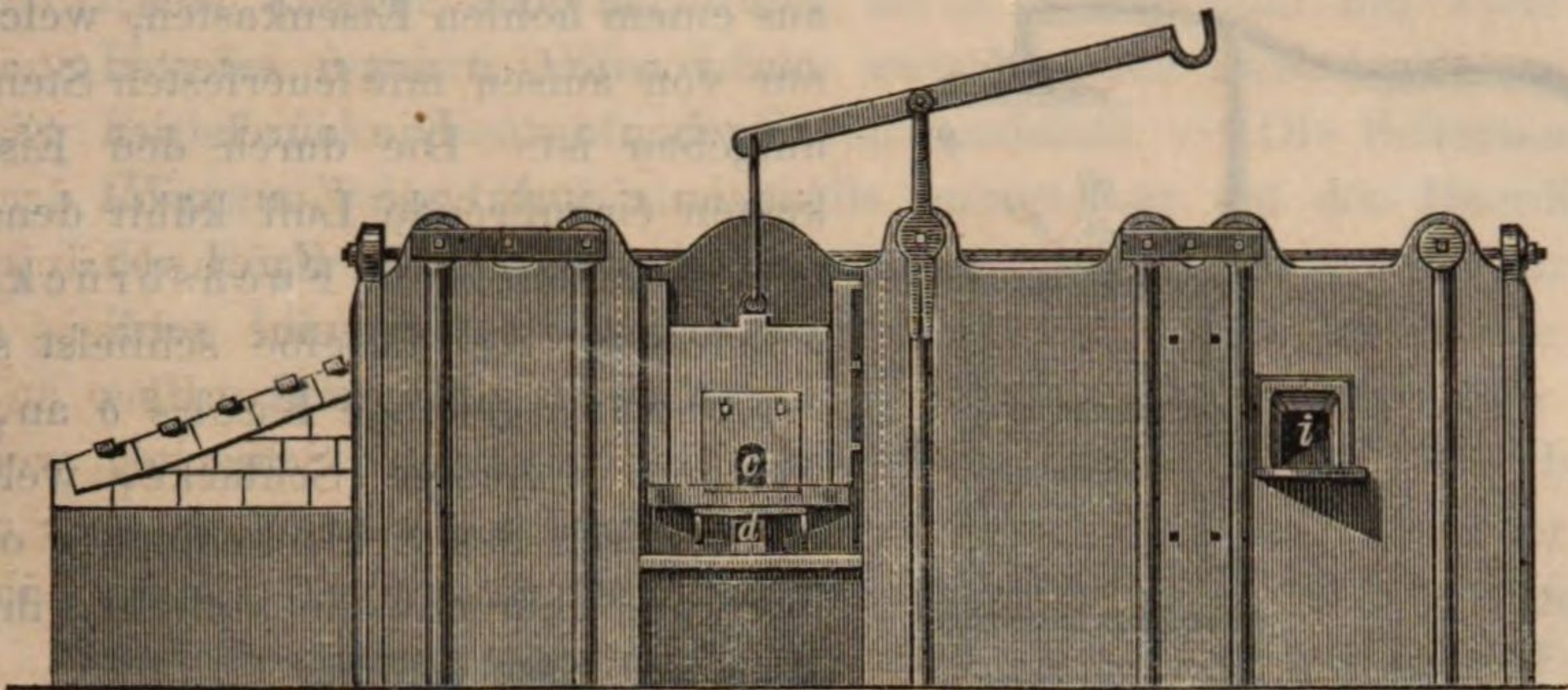


Fig. 130.

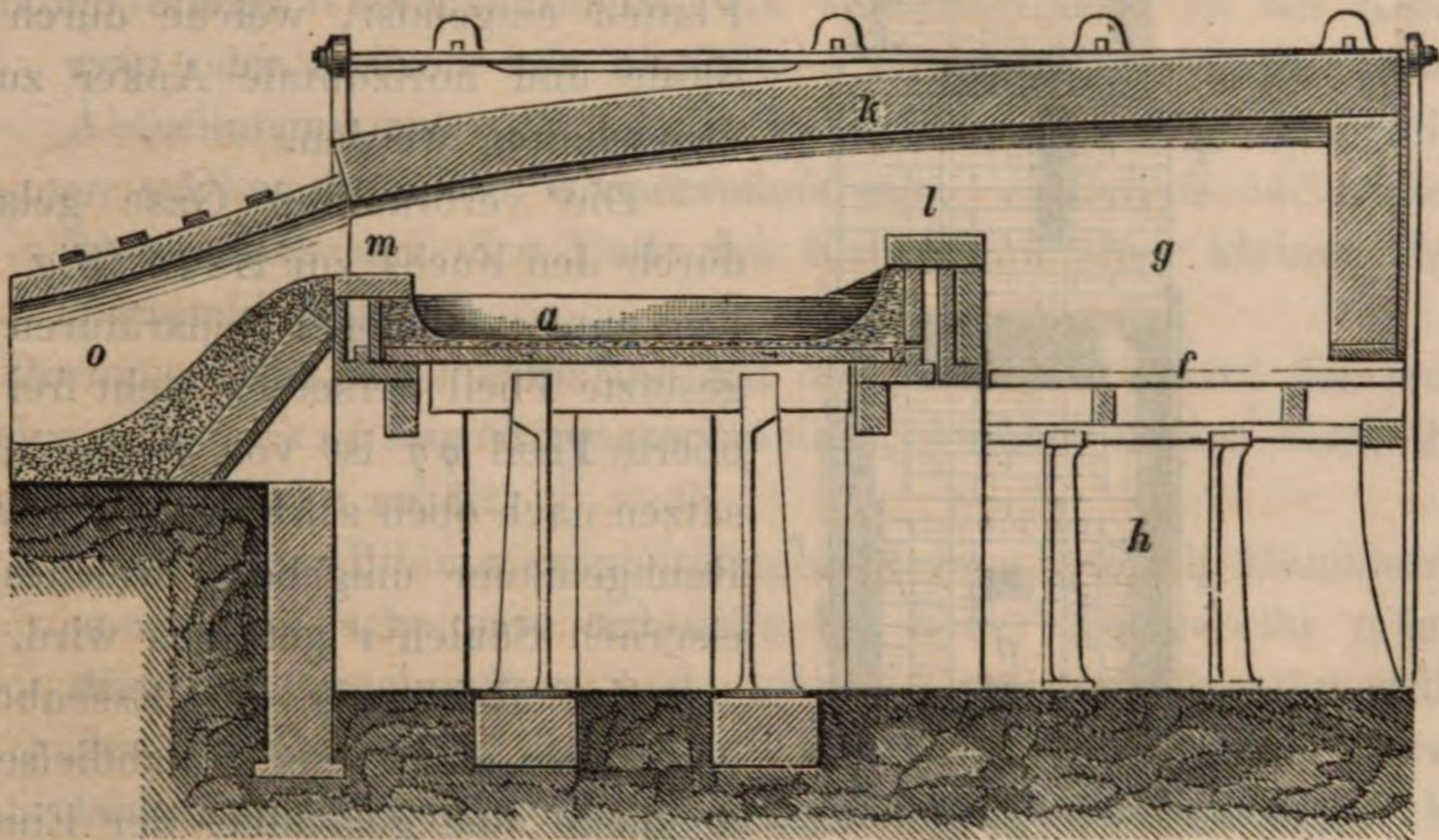
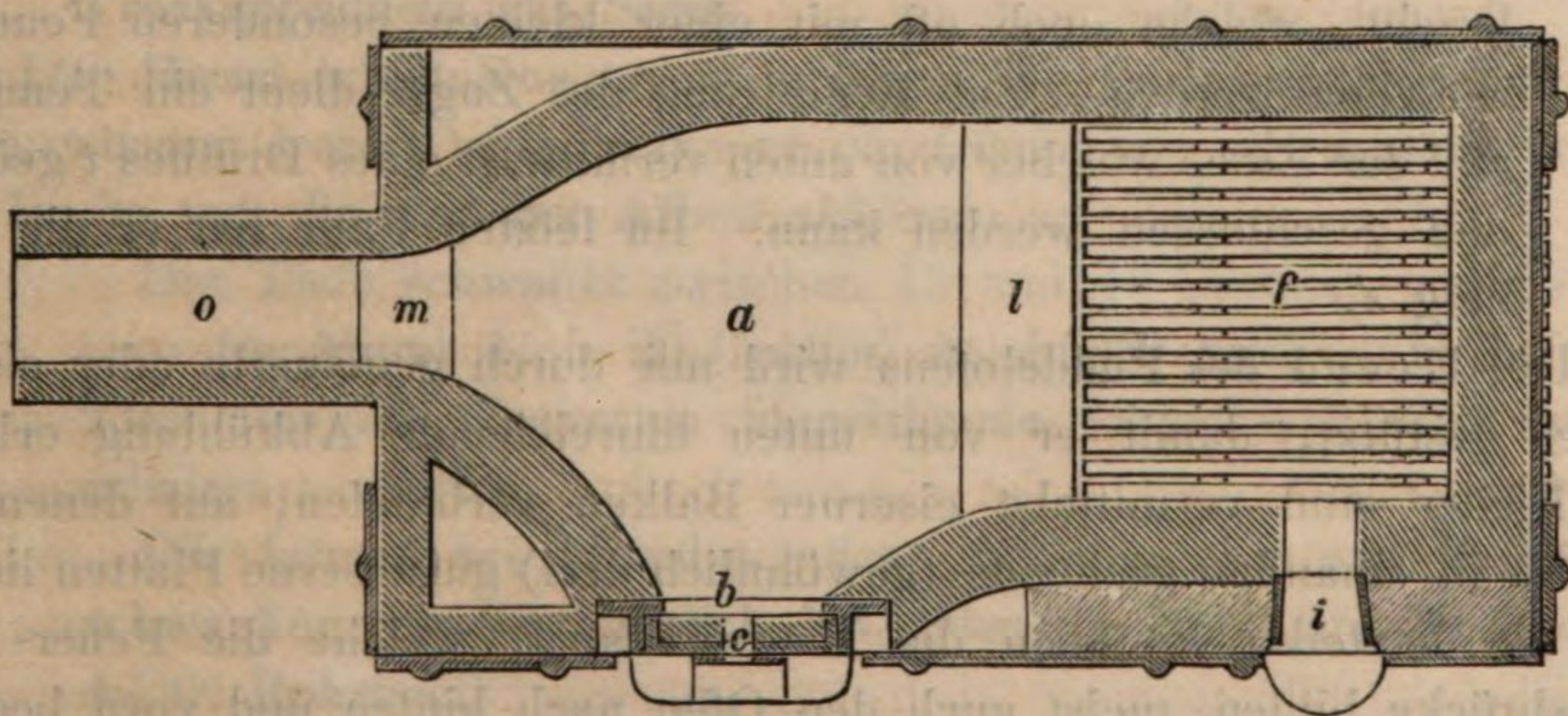
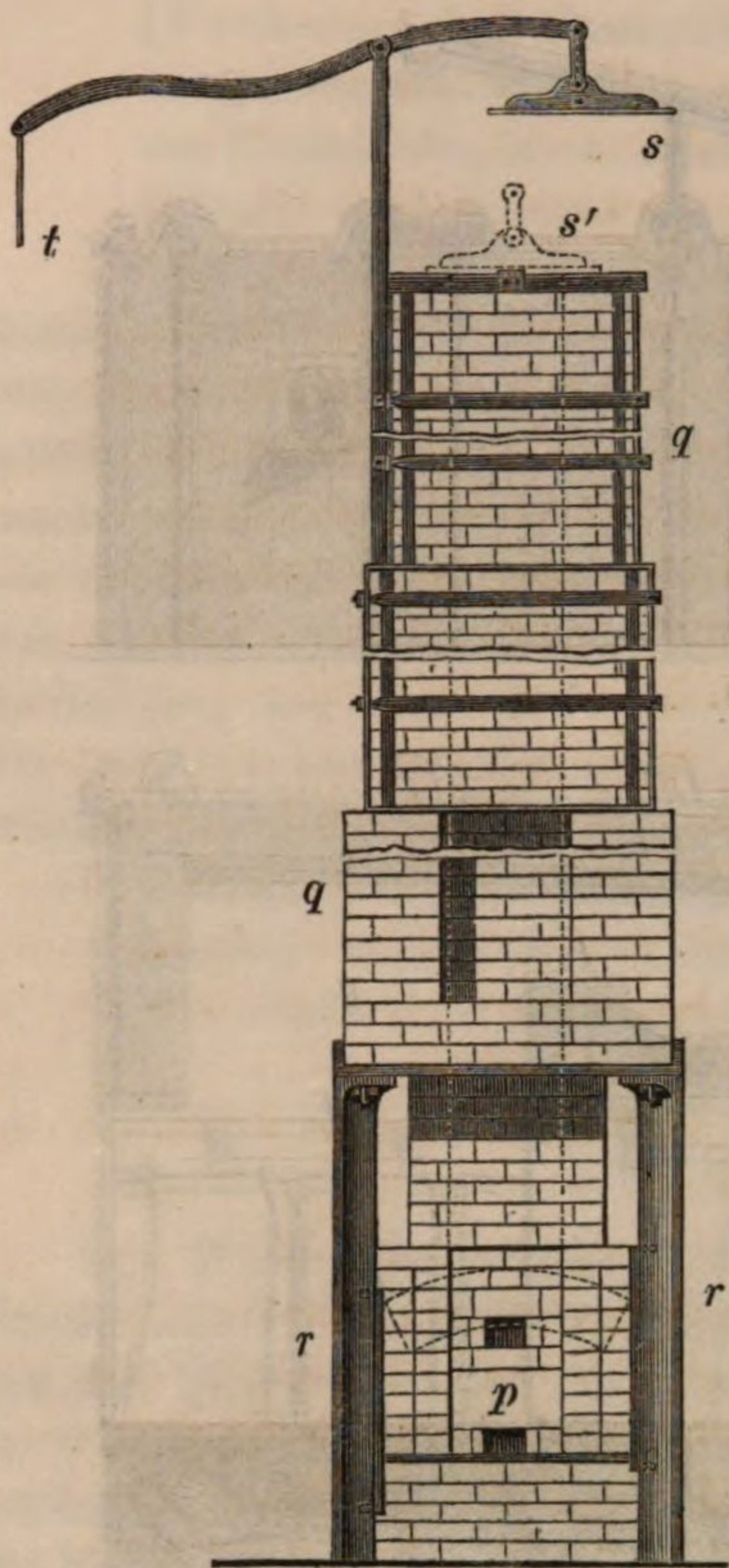


Fig. 131.



Der Feuerraum wird durch den Rost *f* in den oberen Heizraum *g* und einen unteren Raum *h*, den Aschenfall, getrennt. Der Heizraum wird durch die Oeffnung *i* mit Brennmaterial versehen. Feuerung und Heerd sind durch ein fortlaufendes Gewölbe *k*

Fig. 132.



bedeckt. Die Feuerbrücke *l* besteht aus einem hohlen Eisenkasten, welcher nur von außen mit feuerfesten Steinen umgeben ist. Die durch den Eisenkasten cirkulirende Luft kühlt denselben. Aehnlich ist die Fuchsbrücke *m* construiert. An dieselbe schließt sich der abwärts gehende Fuchs *o* an, in welchem diejenige Schlacke, welche nicht durch das Schlackenloch *c* oder über die Thürschwelle abfließt, ihren Weg zur Esse nimmt.

Der ganze Ofen ist von eisernen Platten eingefasst, welche durch vertikale und horizontale Anker zusammengehalten werden.

Die verbrannten Gase gelangen durch den Fuchs zur Esse (Fig. 132). Der untere, häufigen Reparaturen ausgesetzte Theil derselben steht frei; der obere Theil *qq* ist von einem in Absätzen nach oben schwächer werdenden Rauhgemäuer umgeben, welches von eisernen Säulen *r* getragen wird.

Zur Reinigung des Essenbodens von der im Fuchs hinabfließenden Schlacke sind gegenüber der Einmündung desselben Oeffnungen (*p*) ange-

bracht, welche noch oft mit einer kleinen besonderen Feuerung versehen werden. Zur Regulirung des Zuges dient ein Temper *s* auf der Esse, welcher von unten vermittelst eines Drathes *t* geöffnet und geschlossen werden kann. Im letzten Falle hat er die Stellung *s'*.

Der Heerd des Puddelofens wird nur durch gemauerte oder eiserne Pfeiler gestützt, damit er von unten hinreichende Abkühlung erhalte. Die Pfeiler sind vermittelst eiserner Balken verbunden, auf denen mit Pfalzen in einander greifende (gewöhnlich drei) gusseiserne Platten liegen. Auf die letzteren kommen die Heerdeisen, welche die Feuer- und Fuchsbrücke bilden, meist auch den Ofen nach hinten und vorn begrenzen und fast immer mit Kühlung versehen sind.

Die Heerdeisen sind theils hohl gegossen, theils bestehen sie in Kästen, welche mit Deckel versehen sind. In denselben cirkulirt Luft behufs geringerer, Wasser behufs stärkerer Abkühlung. ✓

An der Feuer- und Fuchsbrücke werden die Heerdeisen mit feuerfesten Ziegeln bedeckt, durch deren Stärke man die Tiefe des Heerdes regulirt. Eine Lücke zwischen den Deckziegeln an der Fuchsbrücke dient oft als Schlackenabfluß. — Die Seitenmauern (Wangen) des Ofens sind theils unmittelbar auf den Heerdeisen der Rück- und Vorderwand errichtet, theils springen sie nur mit ihrer Innenseite über die Heerdeisen vor, theils lassen sie dieselben ganz frei, ruhen dann nur auf den Heerdplatten oder sind bis zum Fundamente hinabgeführt. — Meist bilden die Heerdeisen einen um den ganzen Heerd laufenden Kanal, welcher nur an der Arbeitsthür (wo der Schlackenstich liegt) unterbrochen ist, und an dessen einem Ende (an der Feuerbrücke) das kalte Wasser eintritt, an dessen anderem Ende (bei der Fuchsbrücke) das erwärmte Wasser ausfließt. In anderen Fällen ist der Kanal in zwei oder mehrere mit besonderen Ein- und Ausflüssen versehene Abtheilungen getrennt. — Je kühler der Ofengang sein soll, um so stärker muß der Wasserzufluß sein. — Behufs der Luftcirculation muß das eine Ende des Kanals mit einer kleinen Esse in Verbindung stehen.

Zwischen den Heerdeisen und auf der Bodenplatte wird der muldenförmige Schlackenheerd eingeschmolzen, welcher in der Mitte 2,6 bis 4 Centimeter Dicke erhält.

Zu seiner Bildung wird kleingeschlagene, oft mit Hammerschlag vermischte sehr gare Schlacke bei hoher Temperatur möglichst flüssig eingeschmolzen und mit eisernen Instrumenten während der Abkühlung in die entsprechende Form gebracht. Zuweilen bildet man den Heerd aus Rotheisenstein oder aus den abgerösteten und ausgelaugten Rückständen der Schwefelkiese, nur beim Trockenpuddeln aus Sand.

Der Heerd erhält eine um so größere Tiefe, je mehr Schlacke im Ofen gelassen werden soll, während die Länge von der Roheisenmenge, die Breite von der Art der Arbeit abhängt.

Die Tiefe schwankt zwischen 13 und 40 Centim., jedoch pflegt man im Mittel 15 — 20 Centim. zu geben und kann bei dieser Tiefe für alle Eisenarten hinreichende Schlackenmengen im Ofen erhalten.

Die Länge des Heerdes pflegt zwischen 1,2 und 2 Meter zu schwanken (durchschnittlich 1,6 Meter für einen Einsatz von 3 bis 4 Ctr. Roheisen).

Die Breite richtet sich darnach, ob man nur von einer Seite arbeitet (einfache Oefen) oder von zwei Seiten (Doppelöfen). Einfache Oefen erhalten von der Rückwand bis zur Arbeitsschwelle gewöhnlich dieselbe oder eine etwas geringere Weite, als die

Heerdlänge beträgt, Doppelöfen werden selten unter 2 Meter breit angelegt.

Die Breite des Heerdes vermindert sich nach der Fuchs- und nach der Feuerbrücke zu, und zwar hat durchschnittlich das Flammenloch $\frac{3}{4}$, der Fuchs $\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$ der größten Heerdbreite.

Einfache Oefen haben meist eine, seltner zwei, Doppelöfen zwei, seltner vier Arbeitsöffnungen. — Die Doppelöfen gestatten bei geringerem Brennmaterialaufwande größere Produktion, führen aber einen stärkeren Eisenabbrand herbei und verhindern ein höher gekohltes Eisen von gleichmäßiger Beschaffenheit zu erzeugen. — Die Arbeitsthür muß groß genug sein, um die Luppen bequem durch sie aus dem Ofen zu bringen. Meist erhält sie 0,14 bis 0,21 □Meter Querschnitt und besteht aus einem mit feuerfestem Thone ausgesetzten Rahmen, in welchem die kleine Arbeitsthür (Kratzenthür) ausgespart ist.

Das Gewölbe ist nach dem Fuchse zu allmählig herabgezogen, um die Flamme gleichmäßig über den Heerd zu vertheilen. Je mehr oxydirend die Flamme auf das Eisen einwirken soll, um so niedriger liegt das Gewölbe über dem Heerde und um so steiler fällt es zum Fuchse.

Ueber der Sohlplatte des Heerdes liegt das Gewölbe, dem man der Regel nach eine Stärke von 16—21 Centim. giebt, an der Feuerbrücke durchschnittlich 76—80, an der Fuchsbrücke 48 bis 60 Centim.

Flammenloch und Fuchs erhalten um so kleinere Dimensionen, je kleiner die in den Heerd tretende Heizgasmenge ist und je länger die Flamme im Ofen verweilen soll. Die Höhe von Feuerbrücke und Fuchsbrücke hängt zwar wesentlich von der Tiefe des Heerdes ab, bedingt aber auch die größere oder geringere oxydirende Einwirkung der Flamme auf das Eisen.

Die Gröfse des Flammenlochs wird bei Anwendung von Planrosten meist nach diesen bestimmt und im Querschnitte gleich der Hälfte des letzteren genommen, während die Gröfse des Fuchsloches zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{6}$ der Rostfläche zu schwanken pflegt. — Da für jeden einzelnen Fall durch die freie Rostfläche und die Stärke des Zuges, d. h. durch die Menge der in den Rost tretenden atmosphärischen Luft das Volumen der erzeugten Gase gegeben ist und dieses sich im Flammofen selbst wenig verändern würde, wenn derselbe luftdicht geschlossen werden könnte, so wäre durch die Gröfse des Querschnittes in jedem einzelnen Ofentheile die Geschwindigkeit des Gasstromes und dadurch die Wärmemenge, welche er abzugeben im Stande ist, genau bestimmt; aber die während des Puddelns durch die Arbeitsthür tretende Luftmenge, sowie der Umstand, daß bei hohem Gewölbe sich über dem Heerde

eine ruhende Gasschicht bilden kann, erschweren eine genauere Berechnung und man hilft sich in der Praxis durch Versuche mit entsprechender Vergrößerung oder Verkleinerung der Flammenloch- und Fuchsquerschnitte vermittelt der auf die Brücken gelegten feuerfesten Ziegeln.

Die Feuerung der Puddelöfen ist bei Anwendung fester Brennstoffe (Steinkohle, seltener Holz, noch seltener Braunkohle oder Torf) unmittelbar mit jedem Puddelofen verbunden, bei Anwendung gasförmiger Brennmaterialien (Kohlenoxyd, erzeugt aus rohen oder verkohlten Brennmaterialien) dagegen oft ganz getrennt angelegt.

Im letzteren Falle wird das Gas von den Generatoren durch Röhrenleitungen an die einzelnen Oefen vertheilt. — Bei Verwendung festen Brennmaterials verbrennt man dasselbe gewöhnlich auf Planrosten (von meist 0,75 — 0,8, bei größeren Oefen bis 1,2 □Meter Querschnitt, Fig. 131 Seite 191); besteht es aus kleinen Stücken, so wendet man Treppenroste (Fig. 133) an. Eine selbstthätige Beschickung der Feuerung läßt sich bei Anlage geneigter Roste, welche zugleich Schüttelroste sein können (Fig. 134) anordnen. — Das zu den Feuerungen verwendete Kohlenoxydgas wird in Generatoren erzeugt, welche theils nur durch Zugluft betrieben werden (Fig. 135 auf Seite 196), theils mit Gebläse versehen sind (Fig. 136 auf Seite 196). — Das in den Generatoren erzeugte Kohlenoxyd wird durch Luftströme verbrannt, welche nahe oder über der Feuerbrücke eintreten und ebenfalls entweder durch Zug oder durch Gebläse hervorgerufen werden. — Uebergänge zwischen unmittelbarer und Gasfeuerung erhält man durch Anord-

Fig. 133.

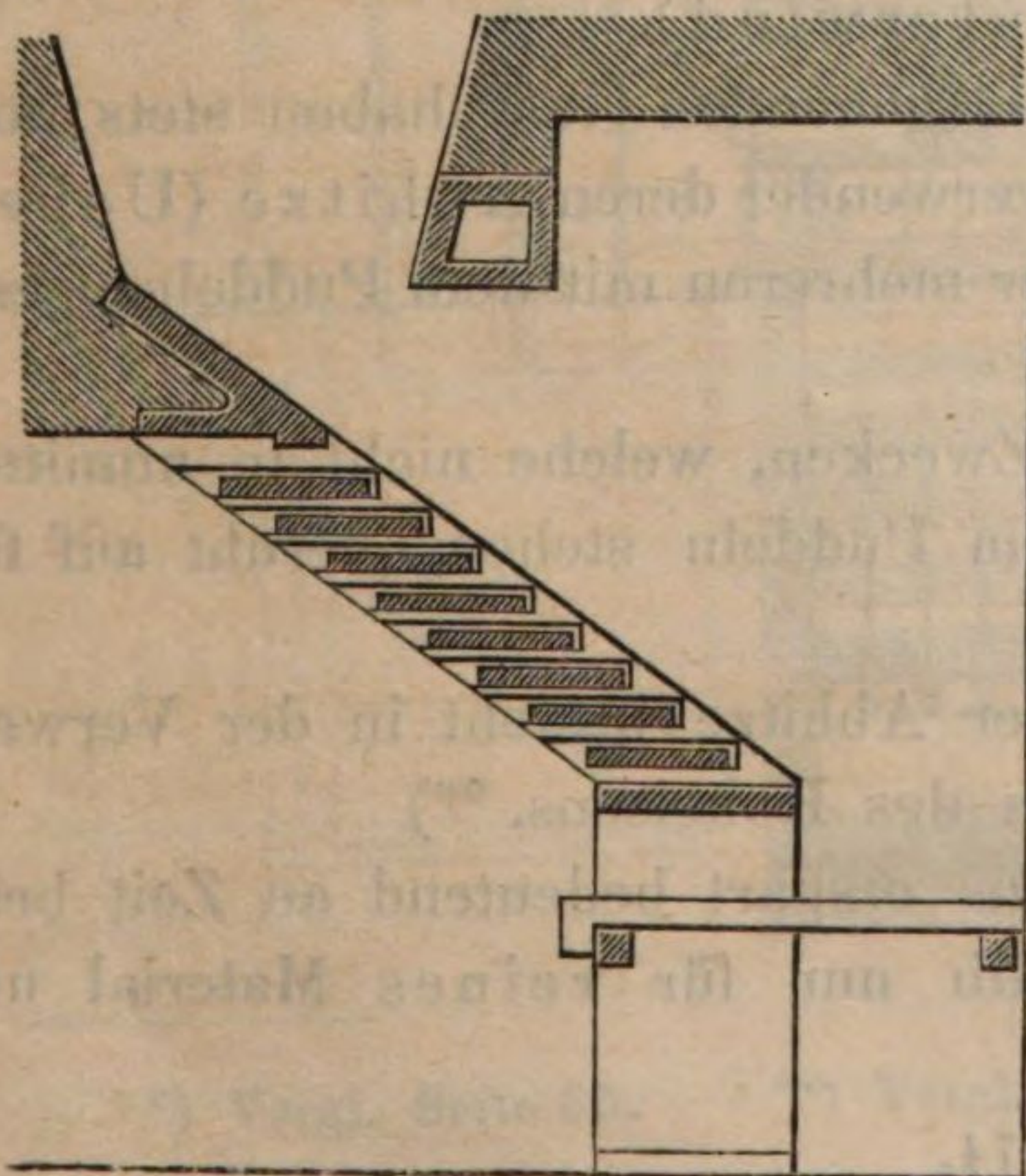


Fig. 134.

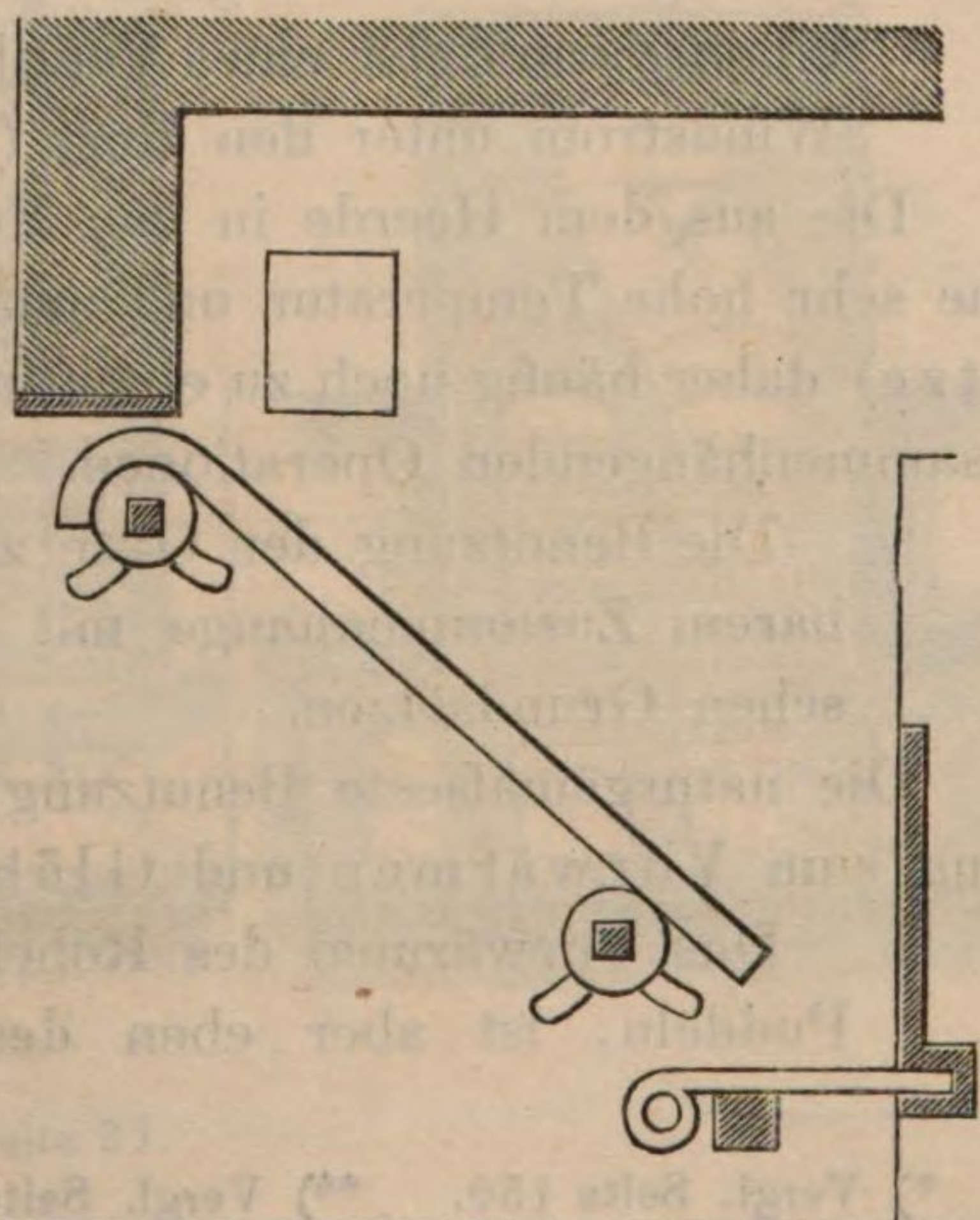


Fig. 135.

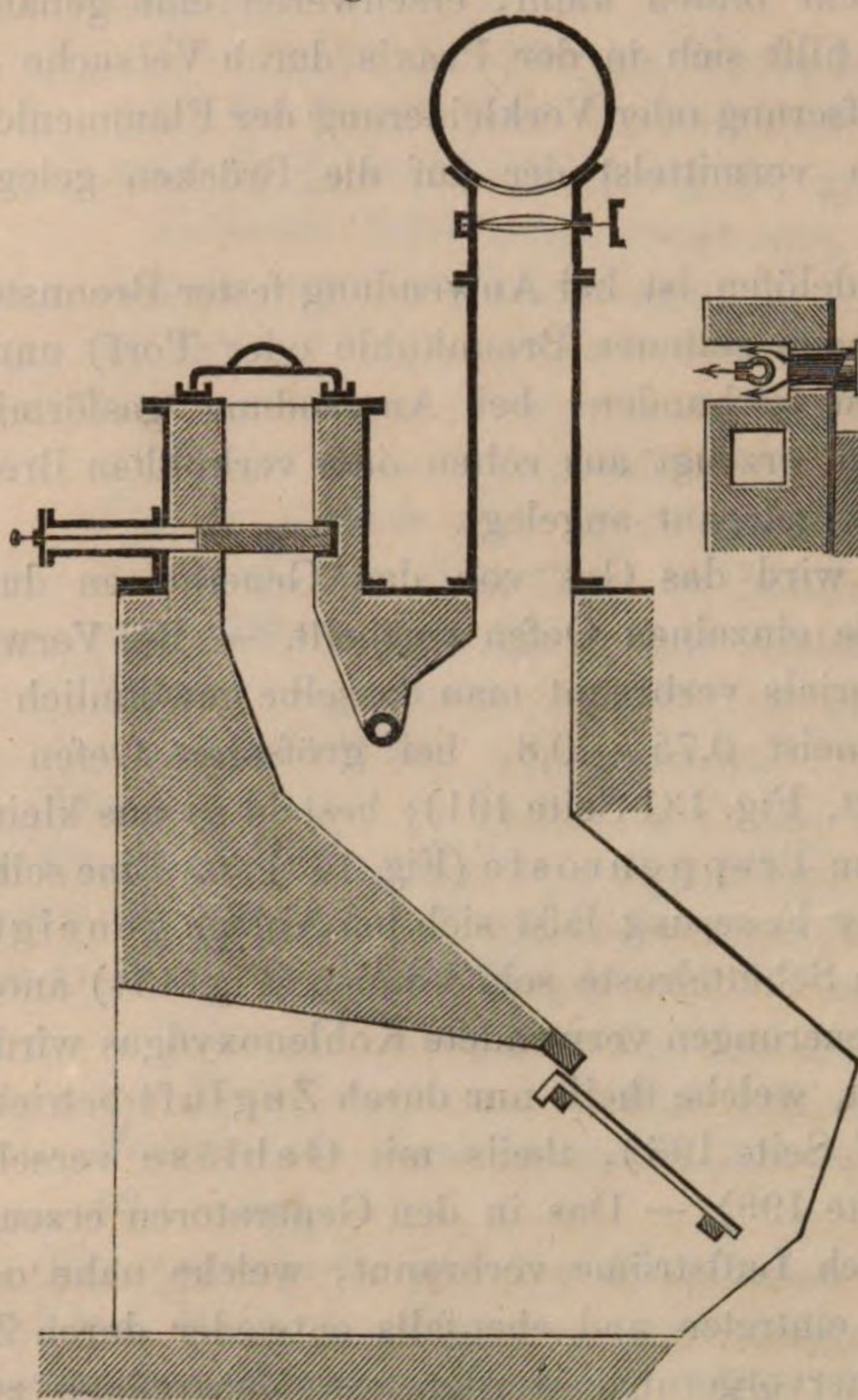
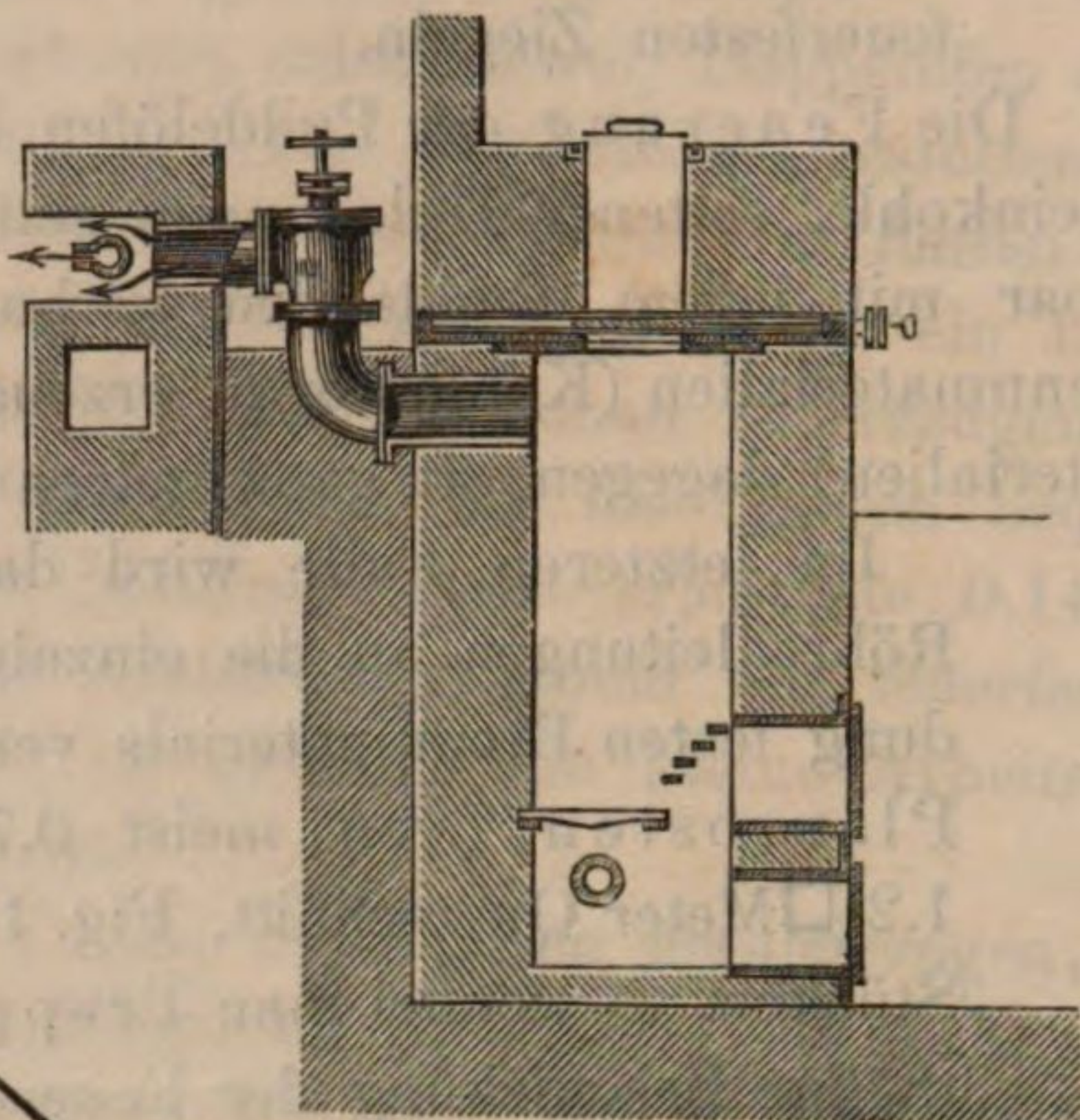


Fig. 136.



nung stärkerer Brennmaterialschichten auf den Rosten. Zur Beförderung der Lebhaftigkeit in der Verbrennung bläst man dann oft einen vermittelt eines Ventilators *) erzeugten schwach gepressten Windstrom unter den Rost (Unterwind). V

Die aus dem Heerde in den Fuchs gehenden Gase haben stets noch eine sehr hohe Temperatur und man verwendet deren Abhitze (Ueberhitze) daher häufig noch zu einem oder mehreren mit dem Puddelprozesse zusammenhängenden Operationen.

Die Benutzung der Gase zu Zwecken, welche nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Puddeln stehen, beruht auf falschen Grundsätzen.

Die naturgemäße Benutzung der Abhitze besteht in der Verwendung zum Vorwärmen und Glühen des Roheisens. **)

Das Vorwärmen des Roheisens erspart bedeutend an Zeit beim Puddeln, ist aber eben deshalb nur für reines Material und

*) Vergl. Seite 150. **) Vergl. Seite 174.

behufs der Erzeugung von Sehneneisen brauchbar. — Wegen zu bedeutender Abkürzung der Zeit hat auch die Anwendung bereits geschmolzenen (direkt aus dem Hochofen entnommenen, oder im Cupolofen umgeschmolzenen) Roheisens nirgends Vorthail gebracht.

Die Vorwärmherde werden, nur getrennt durch die Fuchsbrücke, unmittelbar mit dem Puddelofen verbunden.

Eine weitere Verwendung findet die Abhitze dann, wenn man die Feuerung mit Gebläsewind betreibt, zur Erwärmung des letzteren.

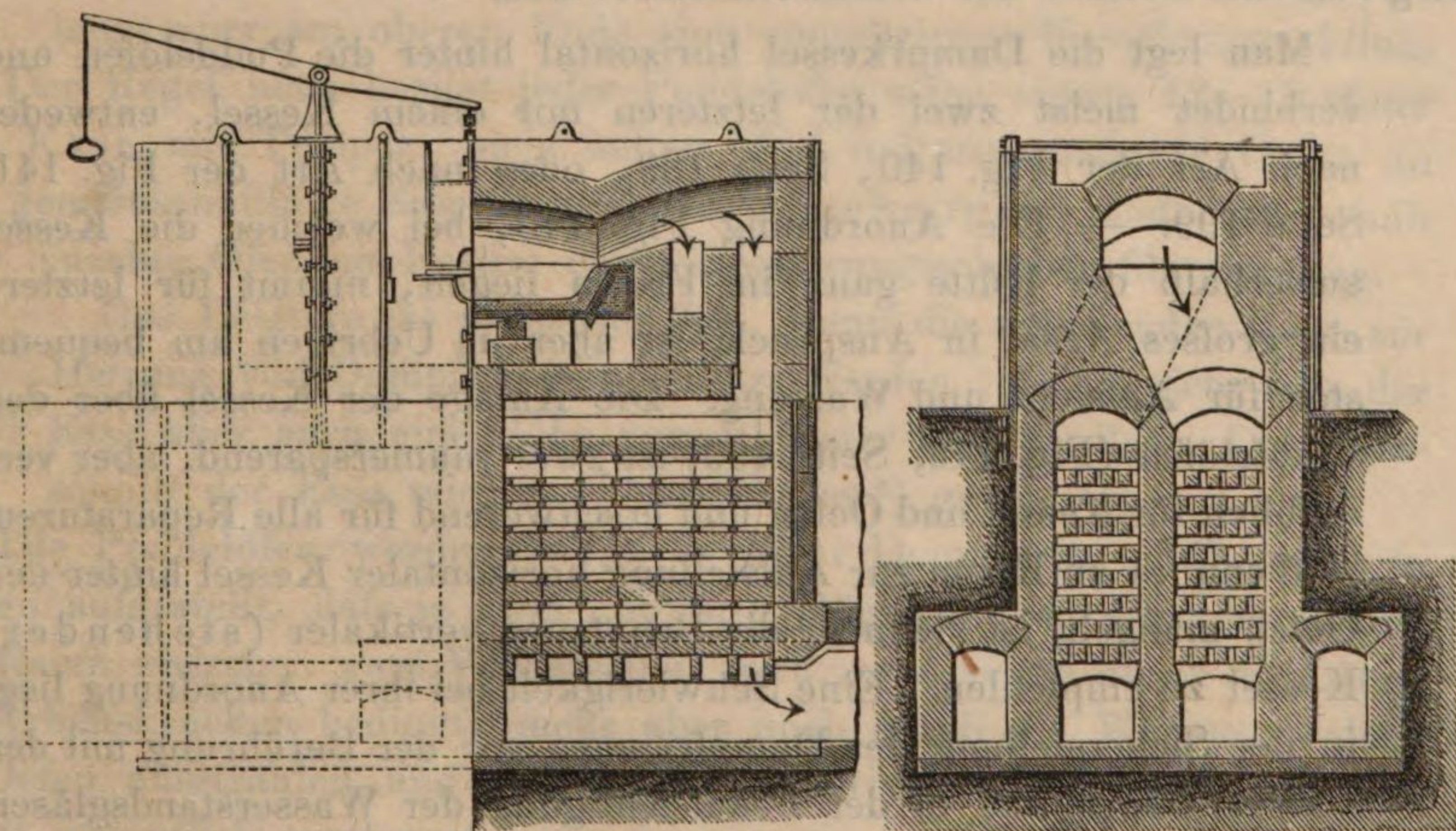
Man läßt den Gebläsewind zu diesem Zwecke in Röhren circuliren, welche im Fuchse angebracht sind. Der Querschnitt des Fuchses muß entsprechend vergrößert werden. — Der freie Querschnitt des Fuchses wird auf jedes Quadratmeter Rostfläche 0,14 bis 0,22 Quadratmeter groß gemacht.

Für Gasfeuerungen wird zur Hervorrufung höherer Temperaturen mit Vorthail Gas und Verbrennungsluft (auch Zugluft) vorgewärmt. *) Dies geschieht durch Regeneratoren. **)

In Fig. 137 und 138 ist ein Puddelofen mit Regeneratoren abgebildet. Die abgehenden Gase ziehen in der Richtung der Pfeile durch die locker mit feuerfesten Steinen ausgesetzten beiden Räume (Regeneratoren), welche sich unter der einen Hälfte des Puddelofens befinden und geben ihre verlorene Wärme an die feuerfesten Steine ab. Sind letztere hinreichend erhitzt, so läßt man durch einen dieser Regeneratoren das Kohlenoxydgas, durch den anderen die Verbrennungsluft strömen. Beide erwärmen sich und treffen

Fig. 137.

Fig. 138.



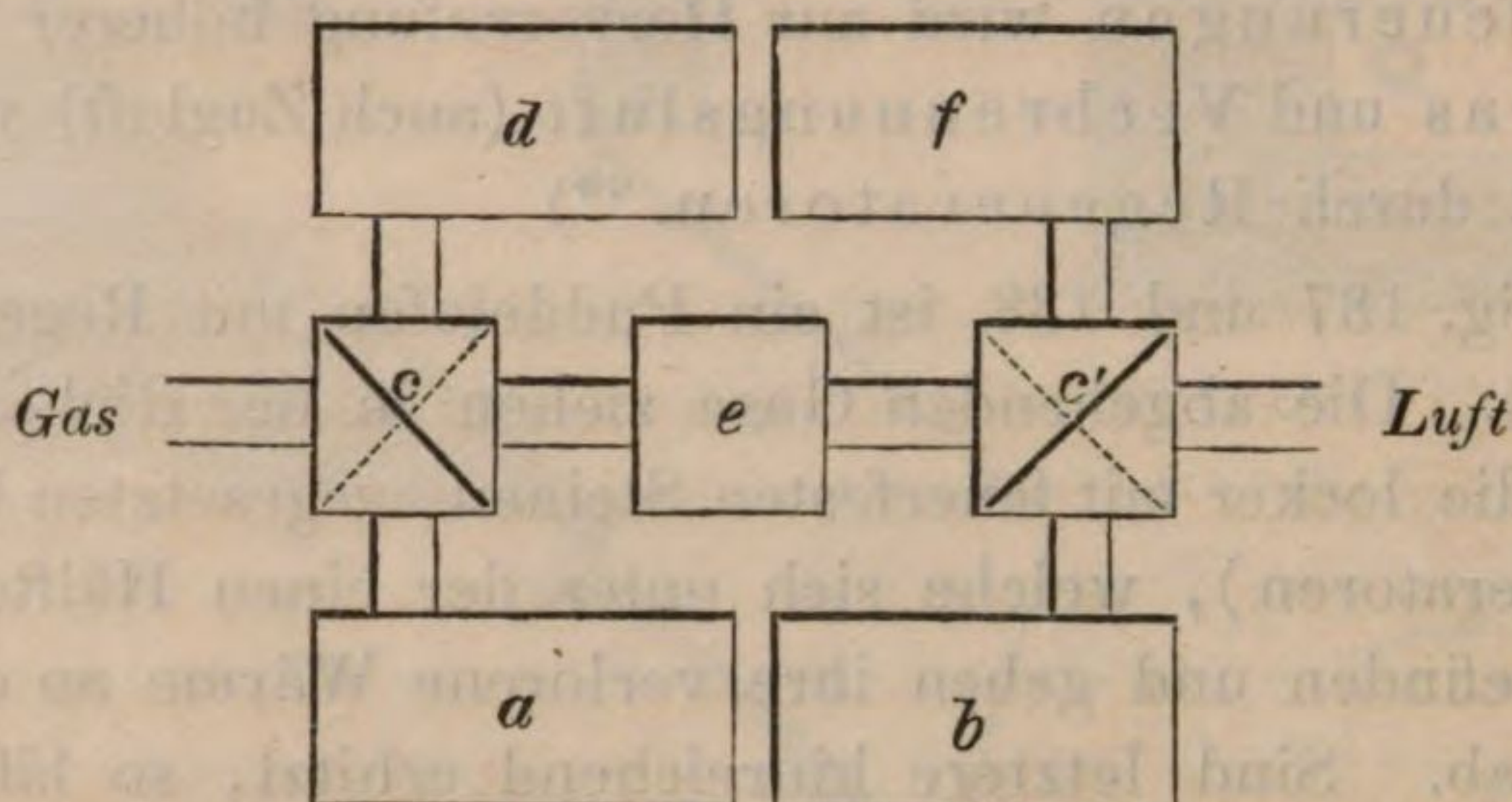
*) Vergl. Seite 55.

**) Vergl. Seite 81.

an der Feuerbrücke zusammen. Die Flamme streicht über den Heerd, giebt dort die erforderliche Wärme ab und geht durch zwei unter der anderen (punktirten) Hälfte des Puddelofens liegende Regeneratoren zur Esse. Sind diese wieder erwärmt und die ersten abgekühlt, so wird das Spiel umgedreht.

Fig. 139 erklärt die Vorgänge schematisch. c und c' sind die beiden durch Hebel verbundenen Ventile. Rechts nach c' tritt die Luft, links nach c das Heizgas ein. Erstere nimmt aus dem Regenerator b , letzteres aus a die Wärme auf. Die abgehenden Gase durchziehen d und f und gelangen bei unveränderter Ventilstellung gemeinschaftlich zur Esse e . Eine Drehung der Ventile c und c' um 90° bewirkt, daß Luft und Heizgas durch f , bez. d strömen und die abgehenden Gase ihren Weg durch a und b nehmen.

Fig. 139.



Eine schon nicht mehr so unmittelbar mit dem Prozesse zusammenhängende Verwendung der Abhitze ist die Benutzung zur Dampferzeugung für den Betrieb der Walzwerksmaschinen.

Man legt die Dampfkessel horizontal hinter die Puddelöfen und verbindet meist zwei der letzteren mit einem Kessel, entweder nach Art der Fig. 140, Seite 199, oder nach Art der Fig. 141, Seite 199. — Die Anordnung Fig. 140, bei welcher die Kessel außerhalb der Hütte ganz im Freien liegen, nimmt für letztere ein großes Areal in Anspruch, ist aber im Uebrigen am bequemsten für Aufsicht und Wartung. Die Anlage der Kessel über den Puddelöfen (Fig. 142, Seite 199) ist zwar raumersparend, aber verderblich für Kessel und Oefen und erschwerend für alle Reparaturen.

Wenn es an Raum zur Aufstellung horizontaler Kessel hinter den Oefen mangelt, ist vielmehr die Benutzung vertikaler (stehender) Kessel zu empfehlen. Eine Schwierigkeit bei ihrer Anordnung liegt in der Sicherstellung des Dampfraumes vor der Berührung mit den heißen Gasen und in der Beaufsichtigung der Wasserstandsgläser, Manometer u.s.w. — Fig. 143, Seite 199 zeigt einen stehenden Walzenkessel mit äußerer, Fig. 144, Seite 199 einen Röhrenkessel mit innerer

Fig. 140.

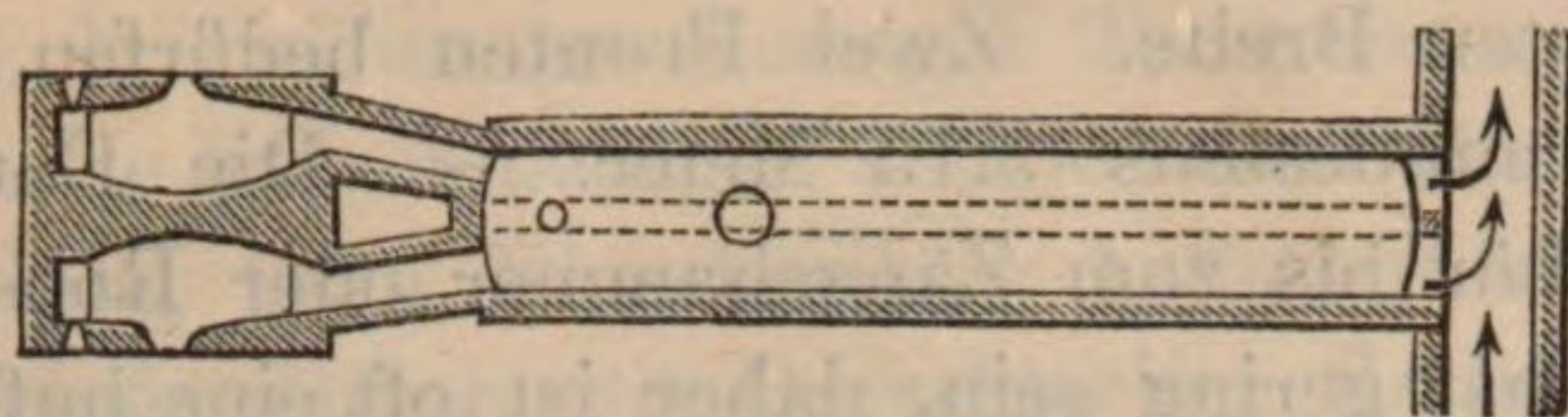


Fig. 141.

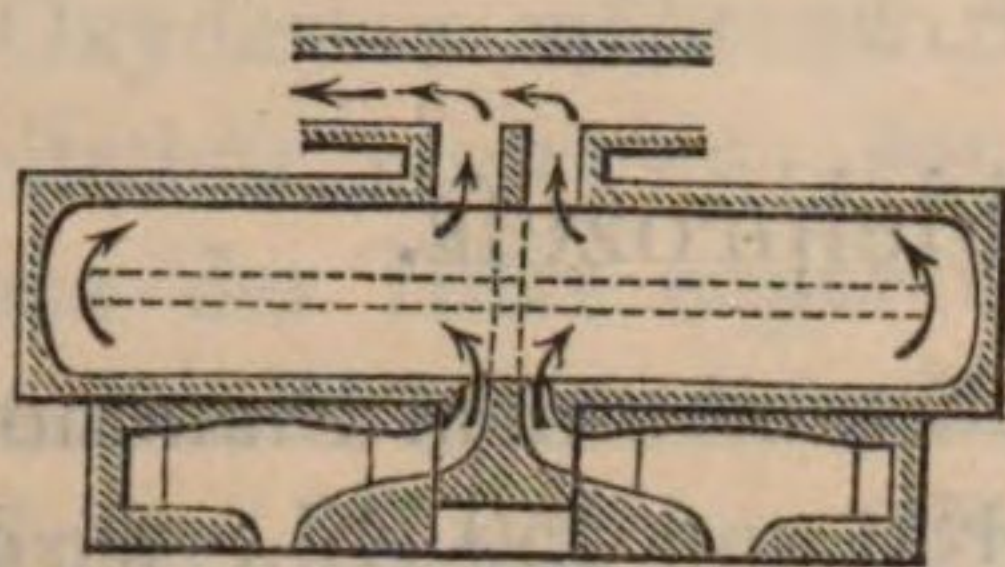


Fig. 142.

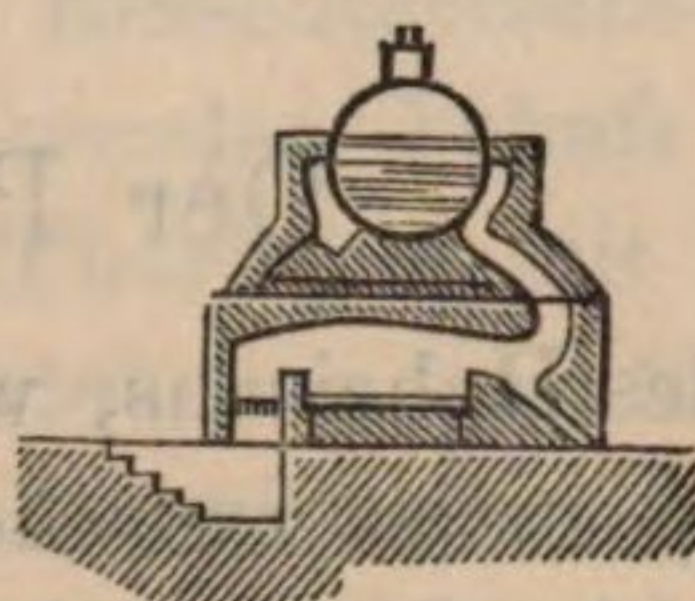


Fig. 143.

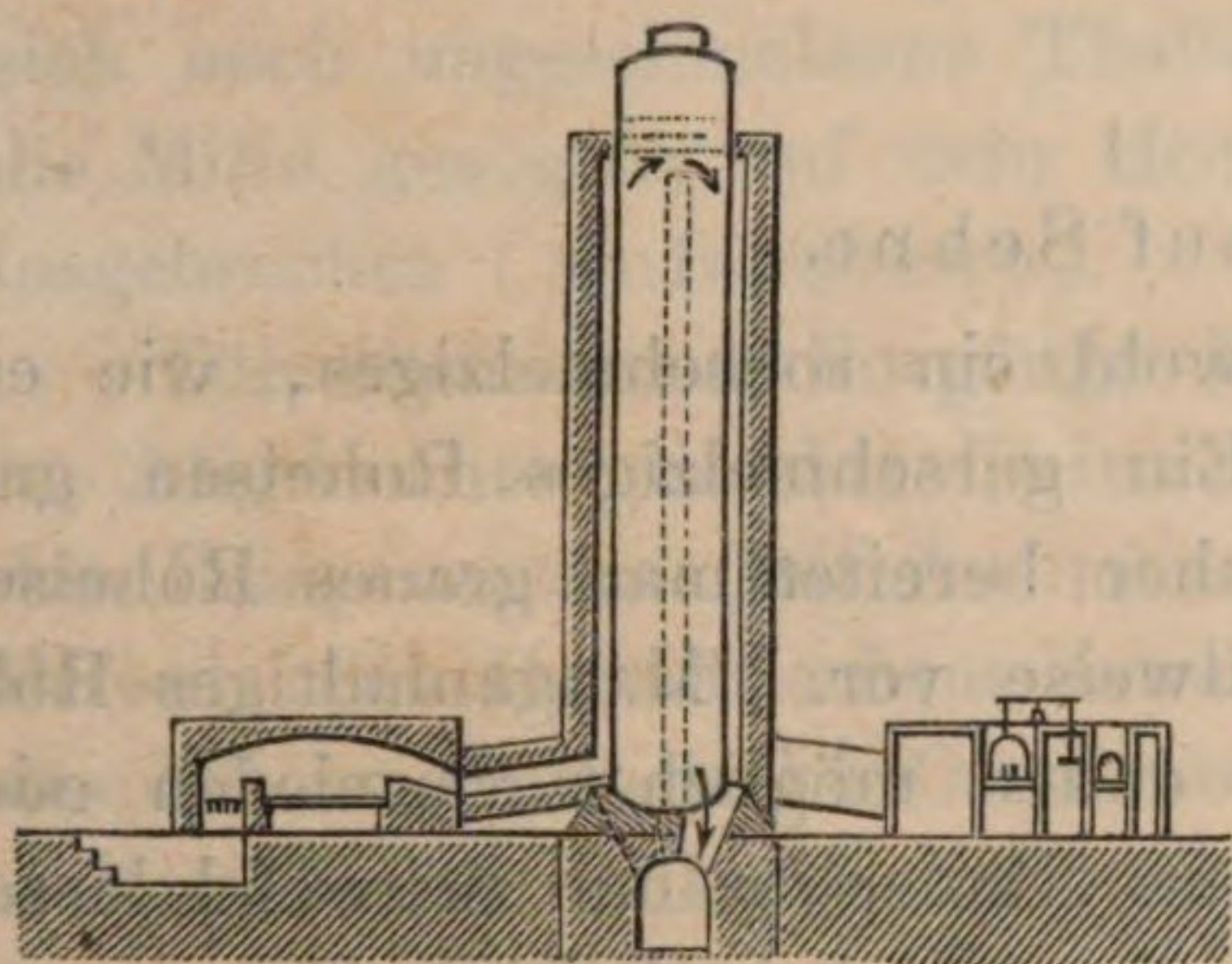
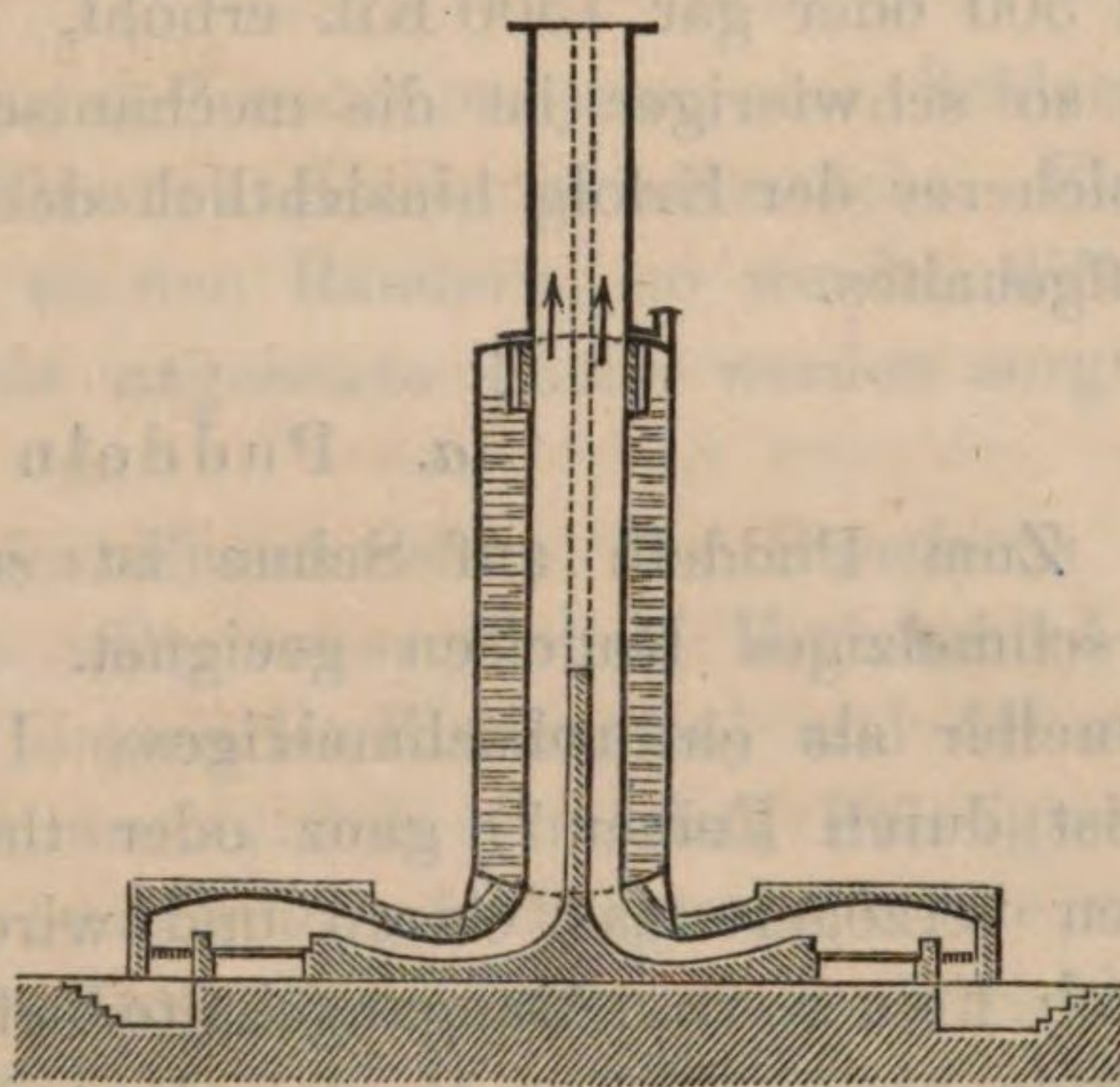


Fig. 144.



Feuerung. Letzteres gewährt eine einfachere Feuerführung, verlangt aber am oberen Ende eine complizirtere Kesselconstruction. Der Regel nach besitzt jeder Puddelofen seine eigene 12—18 Meter hohe Esse mit Temper; nicht selten sind indessen mehrere Oefen an eine gemeinschaftliche Esse angeschlossen (gekuppelt) und dann erhält jeder einzelne Ofen im Fuchse einen Regulierungsschieber für den Zug.

Das Letztere ist meist der Fall, wenn die abgehenden Gase zur Heizung von Dampfkesseln benutzt werden. Dann giebt man der Esse aber auch eine Höhe von 40 Meter und darüber. Der Querschnitt der Esse wird zu $\frac{1}{4}$ des Rostes *) genommen.

Die Puddelöfen werden (wenn es nicht Doppelöfen sind) derart in Reihen aufgestellt, daß je zwei mit ihrer Rückwand an einander liegen. Der Raum zwischen zwei Vorderseiten wird zwar schon durch die Länge der Arbeitskrücken bedingt, mehr aber noch durch die Wärme, welche die Oefen ausstrahlen und welche bei zu geringer Entfernung eine gute Arbeit wesentlich erschwert.

*) Vergl. Seite 54.

Ein Puddelofen hat gewöhnlich 3,8—4 Meter äußere Länge und 1,75—2 Meter Breite. Zwei Fronten bedürfen einen Zwischenraum von mindestens 3,75 Meter. — Die Entfernung von der Puddelofenthür bis zum Zängehammer oder Rohschienenwalzwerk muß möglichst gering sein, daher ist oft eine hufeisenförmige Aufstellung rathsam.

Der Puddelprozess.

Die Menge des Roheisens, welches man dem Flammofenfrischprozesse unterwirft, beträgt meist zwischen 150 und 250 Kil., wird beim Feinkorn- und noch mehr beim Stahlpuddeln oft bis zu 125 Kil. ermäßigt und selten auf 500 oder gar 1500 Kil. erhöht. Je größer die Menge des Roheisens, um so schwieriger ist die mechanische Arbeit des Puddelns und um so unsicherer der Erfolg hinsichtlich der Erzielung eines bestimmten Kohlenstoffgehaltes.

a. Puddeln auf Sehne.

Zum Puddeln auf Sehne ist sowohl ein rohschmelziges, wie ein garschmelziges Roheisen geeignet. Ein garschmelziges Roheisen gart schneller als ein rohschmelziges. Daher bereitet man graues Roheisen meist durch Feinen *) ganz oder theilweise vor. Manganhaltiges Roheisen verzögert das Garen und wird daher möglichst vermieden oder durch Feinen vom Mangangehalte befreit. Phosphor und Schwefel lassen sich in hinreichendem Maasse abscheiden, wenn bei niedriger Temperatur eine lange Zeitdauer angewendet wird. Sind die Luppen einmal fertig gebildet, so läßt sich gerade bei starker Temperatursteigerung durch Aus- saigerung der leichter schmelzbaren Verbindungen noch ein weiterer Theil Phosphor entfernen.

Da mit der Zeit (pro Stunde 70—80 Kil. Steinkohle) der Brennmaterialaufwand wächst, so ist es meist nur eine Frage der Oekonomie, ob ein Roheisen rein genug ist, um mit Vortheil verpuddelt zu werden. — Steigt der Verbrauch über 160 Kil. Steinkohle auf 100 Kil. Luppeneisen, so pflegt der Puddelprozess der Regel nach nicht mehr rentabel zu sein.

Das Roheisen wird auf dem Schlackenheerde, welcher beim Beginn der Arbeit in starke Rothglut versetzt wird, nach einer bereits darin ausgeführten Charge aber warm genug ist und nur mit Schlacke (oder Rotheisenstein) reparirt werden muß, in Stücken von 6—12 Kil. pyramidenförmig aufgestellt und bei geschlossener Arbeitsthür eingeschmolzen.

*) Vergl. Seite 174.

Je rohschmelziger und je unreiner das Eisen ist, um so langsamer, d. h. bei um so niedriger Temperatur geschieht das Einschmelzen, je garschmelziger und je reiner um so schneller. Einen gareren Gang beim Einschmelzen befördert man durch Besetzen der Puddelofenränder mit Garschlacke, Rotheisenstein, Hammer Schlag u. dgl. m. — Nur bei sehr unreinem Eisen läßt man behufs starker Oxydation während des Einschmelzens auch Luft durch die Arbeitsthür eintreten; sonst werden behufs besseren Zusammenhaltens der Hitze sogar die Thürfugen mit Lehm verschmiert und hinter den Verschluss der kleinen Arbeitsöffnung wird ein Stück Kohle gelegt. — Das Einschmelzen erfordert 25 bis 45 Minuten, bei Anwendung von Vorglühheerden oft nur 10 bis 20 Minuten.

Das niedergeschmolzene Eisen, auf welchem jetzt eine Schlackendecke schwimmt, wird mit einer Kratze (Haken) untersucht. Finden sich noch ungeschmolzene Theile an den Rändern, so werden diese in die Mitte gezogen; auf dem Heerde angesetzte Theile werden sorgfältig losgebrochen (Aufstechen).

Die chemischen Vorgänge beim Einschmelzen des Roheisens sind im Allgemeinen die des Feinens. Der wesentlichste Unterschied von den Feinprozessen (mit Ausnahme dessen im Flammofen) und der ersten Periode des Heerdfrischens beruht darin, daß vor dem Flüssigwerden des Eisens eine starke Oxydation stattfindet, in Folge deren die zuerst sich bildende Schlacke bereits die Zusammensetzung einer Garschlacke hat. Erst in Folge fortschreitender Oxydation des Siliciums wird dieselbe wieder allmählig in eine eigentliche Rohschlacke zurückgeführt, worauf eine zu reichliche Schlackenmenge abgestochen werden kann.

Das Eisen ist am Ende der Feinperiode stets weiß. Hat man sehr garschmelziges weißes Eisen benutzt, so findet bereits in dieser Periode und zwar wesentlich im Anfange des Einschmelzens eine beginnende Entkohlung statt.

Um nun der Luft erneuten Zutritt zu dem Eisen zu gestatten, rührt man von jetzt ab mit einer Kratze um und zwar, nachdem man durch Verminderung der Temperatur das Bad dickflüssiger gemacht hat.

Das Umrühren geschieht mit vorn umgebogenen Eisenstangen (Haken oder Kratzen) von 2—3 Meter Länge und ca. 20—30 Kil. Gewicht, in der Weise, daß nach und nach alle Theile des Bodens berührt werden. Ist die Kratze weißglühend, was in etwa 5—8 Minuten geschieht, so wird sie aus dem Ofen genommen, in Wasser abgekühlt und durch eine neue ersetzt. — Das Abkühlen des Bades, welches namentlich zur Verdickung der Schlacke erfolgt und um so mehr erforderlich wird, je leichtflüssiger (manganhaltiger) die letztere ist, läßt sich meist durch Regulirung der

Feuerung und des Zuges erreichen. Aufgießen von Wasser und ähnliche Abkühlungsmittel sind Beweise unzulänglicher Ofenconstruction oder schlechter Arbeit.

Durch das Umrühren wird die Schlacke bald in eine Garschlacke umgewandelt, welche um so entkohlender einwirkt, je reicher sie an Eisenoxydoxidul wird. Die Bildung von Kohlenoxyd, welches man leicht an den beim Kratzen aus den gezogenen Furchen aufsteigenden blauen Flämmchen erkennt, wird hierbei bald so heftig, daß ein Aufschäumen (Kochen) der ganzen Masse eintritt. Die Schlacke fließt hierbei über die Heerdschwelle (in untergestellte eiserne Wagen oder hinter Schutzbleche) oder über die Fuchsbrücke in mehr oder minder reichlichen Mengen ab.

Diese Periode ist dem Rohfrischen entsprechend und umfaßt die Entkohlung des Eisens bis zur Stahlbildung.

Je unreiner das Eisen, um so mehr muß sie in die Länge gezogen werden. Im ersten Theile dieser Periode gelingt die Abscheidung von Phosphor bei niedriger Temperatur am leichtesten und man sticht daher oft jetzt noch Schlacke ab.

Das Garen wird auch in dieser Periode durch Zuschlag von Hammerschlag etc., aber niemals durch Zuschlag roher Erze befördert. — Die Dauer dieser Periode beträgt durchschnittlich 20 bis 40 Minuten (3—6 Kratzen).

Am Ende der Rohfrischperiode wird das Eisen steif und läßt sich nicht mehr kratzen. Die einzelnen Eisenkrystalle schweißen an einander und können, sobald sie sich zu größeren Massen vereinigen, frei aus der Schlacke hervorragen. Die Entkohlung geht nunmehr in der dritten oder Garfrisch-Periode sehr schnell vorwärts. Das Eisen wird mit einer spitzen Brechstange (dem Spitz) unter Anwendung möglichst hoher Temperatur zusammengebracht (Durchschlagen), in einzelnen Partien der Oxydation ausgesetzt, um eine gleichmäßige Entkohlung zu erhalten (Umsetzen), und endlich in Ballform gebracht (Luppenmachen).

Die Arbeit mit Kratze und Spitz wird sehr verschiedenartig gehandhabt. Der Engländer arbeitet mehr mit dem Spitz, der Deutsche mehr mit der Kratze, der Belgier hält die Mitte. — Jeder Luppe giebt man meist das Gewicht von 30—40 Kil., zuweilen aber vereinigt man auch die ganze Charge in eine einzige Luppe.

Die Luppen werden im geschlossenen Ofen kurze Zeit nochmals stark erhitzt, dann durch Drücken möglichst von Schlacke befreit, einzeln aus dem Ofen genommen und auf zweirädrigen schalenartigen Wagen zum Zängen gefahren.

Die ganze Charge vom Einsetzen des Roheisens bis zum Herausnehmen der Luppen dauert $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{4}$ Stunden; indessen macht man

auch 10 Chargen, bei Anwendung von Vorglühheerden sogar 12 Chargen in 12 Stunden.

Der Abgang richtet sich wesentlich nach der in Folge der Unreinigkeiten des Roheisens erforderlichen Oxydation und schwankt zwischen 10 und 15 $\frac{0}{0}$. Der Brennmaterialverbrauch beträgt pro 100 Kil. Luppeneisen 80—100 Kil. Steinkohlen oder 120—150 Kil. Braunkohlen, wenn ungefeintes Roheisen benutzt wird, 75—90 Kil. Steinkohle bei Anwendung gefeinten Eisens und 65—85 Kil. Steinkohle, wenn das Roheisen vorgewärmt wird.

Während die beschriebene Methode des Puddelns, welche gegenwärtig allgemein angewendet wird, bei Benutzung rohschmelzigen Eisens der Dreimal-, bei Benutzung garschmelzigen Eisens der Zweimalschmelzerei entspricht, hat man sich früher für kohlenstoffarmes manganreiches, im Uebrigen reines, garschmelziges Roheisen einer Methode bedient, welche der Einmalschmelzerei entspricht und im Gegensatze zu der bei Gegenwart reichlicher Schlackenmengen ausgeführten Methode, dem Fetten-, Schlacken- oder Kochpuddeln, das Trockenpuddeln genannt wird. Das Roheisen wird auf einem Sandheerde teigartig eingeschmolzen, sofort mit der gebildeten oxydoxydulreichen Schlacke durchgeknetet und so zur Gare gebracht.

So war die älteste von Cort (1787) erfundene Puddelmethode beschaffen. Jetzt ist diese Methode, welche für unreines Eisen ganz unbrauchbar ist, beinahe überall verlassen. Das Schlackenpuddeln ist erst möglich geworden durch die von B. Rogers herrührende Erfindung der eisernen Heerdsohlen.

Der Abgang beim Trockenpuddeln auf Sehne pflegt 9—12 $\frac{0}{0}$, durchschnittlich 10 $\frac{0}{0}$ Eisen zu betragen und richtet sich wesentlich nach der Reinheit des Roheisens und der Dauer des Prozesses.

1 Cub.-Cent. gezängtes Luppeneisen wiegt ca. 7 Gramm. ✓ ✓

b. Puddeln auf Korn.

Der Prozeß des Puddelns auf Korn wird theils für eigentlichen Stahl (Puddelstahl), theils für das Zwischenprodukt zwischen Stahl und Schmiedeeisen, das Feinkorneisen, angewendet.

Es giebt zahlreiche Methoden, welche sich bald mehr dem Sehne-, bald mehr dem Kornpuddeln annähern und ein mehr oder weniger hartes Eisen erzeugen.

Die passenden Eigenschaften des Materiales bilden die wesentlichste Grundlage der Erzeugung von Korn.

Früher legte man einen sehr großen Werth auf die Ofenconstruction, machte den Heerd tiefer und legte das Gewölbe höher. Gegenwärtig erzeugt man in demselben Ofen Sehne, Feinkorn und Stahl.

Ein für Korn geeignetes Roheisen muß möglichst frei von Phosphor und Schwefel, rohschmelzig oder manganreich sein.

Das geeignetste Roheisen für die Erzeugung von Korn ist das Spiegeleisen, nächstdem ein reines graues Eisen. Holzkohlenroheisen läßt sich leichter als Koksroheisen auf Korn verarbeiten. — Das sogenannte Grobkorn, ein phosphorhaltiges Eisen *), welches allerdings oft zu ähnlichen Zwecken (z. B. zu Eisenbahnschienenköpfen) verwendet wird, gehört nicht hierher: Es ist vielmehr eine Schmiedeisenart und wird aus phosphorhaltigem Roheisen wie Sehne gepuddelt.

Die Ausführung des Kornpuddelns unterscheidet sich von der Arbeit auf Sehne wesentlich durch das möglichst schnelle Einschmelzen, durch das Garen unter der Schlacke und durch die Behandlung der garen Luppen in einer reduzierenden (rauchenden) Flamme.

Man wendet zur Erleichterung der Arbeit gern kleinere Chargen an (oft nur 100—150 Kil.) und macht auch kleinere Luppen. — Bei reinem Roheisen läßt man die Temperatur erst vor dem Luppenmachen sinken, bei unreinerem Roheisen hält man zur Verzögerung der Arbeit auch während des Rührens die Temperatur niedrig. — Eine reduzierende Flamme läßt sich durch Führung einer höheren Brennmaterialschicht, bei Gasfeuerung durch Verminderung der Verbrennungsluftmenge erreichen.

Ein schnelles Einschmelzen verhindert eine starke Oxydation während der dazu gebrauchten Zeit, wirkt daher auf Verlangsamung der Entkohlung und erleichtert die Bildung von Korn. Statt der garenden Zuschläge, welche beim Sehnepuddeln schon beim Einschmelzen zugesetzt werden, wendet man im Gegentheil solche an, welche den Rohgang befördern.

In dieser Richtung wirken rohe Schlacken, wenn erforderlich selbst Sand, manganhaltige Substanzen, falls diese nicht zu beschaffen sind auch wohl alkalische Zuschläge. — Schlacken müssen stets in hinreichenden Mengen vorhanden sein und es ist daher im Verlaufe des Prozesses gewöhnlich ein Zusatz fremder Schlacken (Schweißsofenschlacken u. dgl. m.) erforderlich. — Je größer die Charge und je weniger Luppen aus einer Charge gemacht werden, um so reichlicher muß die Schlackenmenge zur Abhaltung der Luft beim Luppenmachen sein. — Es bilden sich beim Puddeln von 100 Kil. eines ca. $3\frac{0}{100}$ Silicium haltenden Roheisens 22 Kil. Singulosilikatschlacke; man braucht aber ca. 30—50 Kil., muß das Uebrige daher zusetzen. Ein Theil der Schlacke macht als Garschlacke den Prozeß so lange wiederholt durch, bis er durch mechanischen Verlust aufgezehrt wird.

*) Vergl. Seite 17.

Je kohlenstoffreicher das Produkt ausfallen soll, um so mehr muß die Arbeit verzögert und um so sorgfältiger unter Schlackenbedeckung gegart werden.

Die Arbeitszeit für Stahl ist daher auch am längsten. Es werden gewöhnlich in 12 Stunden nur 5—6 Chargen gemacht, während sich 6—7 Feinkornchargen in derselben Zeit ausführen lassen. Daher ist auch der Brennmaterialaufwand pro 100 Kil. Luppen-eisen bei Feinkorn höher, als bei Sehne und am höchsten bei Stahl; bei letzterem steigt er gewöhnlich auf 150 Kil. Steinkohle. — Nur bei gut eingerichteter Feuerung gelingt es, ein zu weit entkohltes Produkt durch die Flamme wieder mit etwas höherem Kohlenstoffgehalte zu versehen, wodurch zwar ebenfalls die Arbeit verzögert, die Qualität aber verbessert wird.

Der Abbrand beim Puddeln auf Korn schwankt in weiteren Gränzen, als der beim Sehnepuddeln, weil hier die hinreichende Abscheidung aller nachtheiligen Bestandtheile so in den Vordergrund tritt, daß die Höhe des Abbrandes zurücktreten muß. Er beträgt 9—16 ‰.

1 Cub.-Cent. Feinkorn- oder Stahlluppe wiegt 7,5 Gramm.

Mechanischer Puddler.

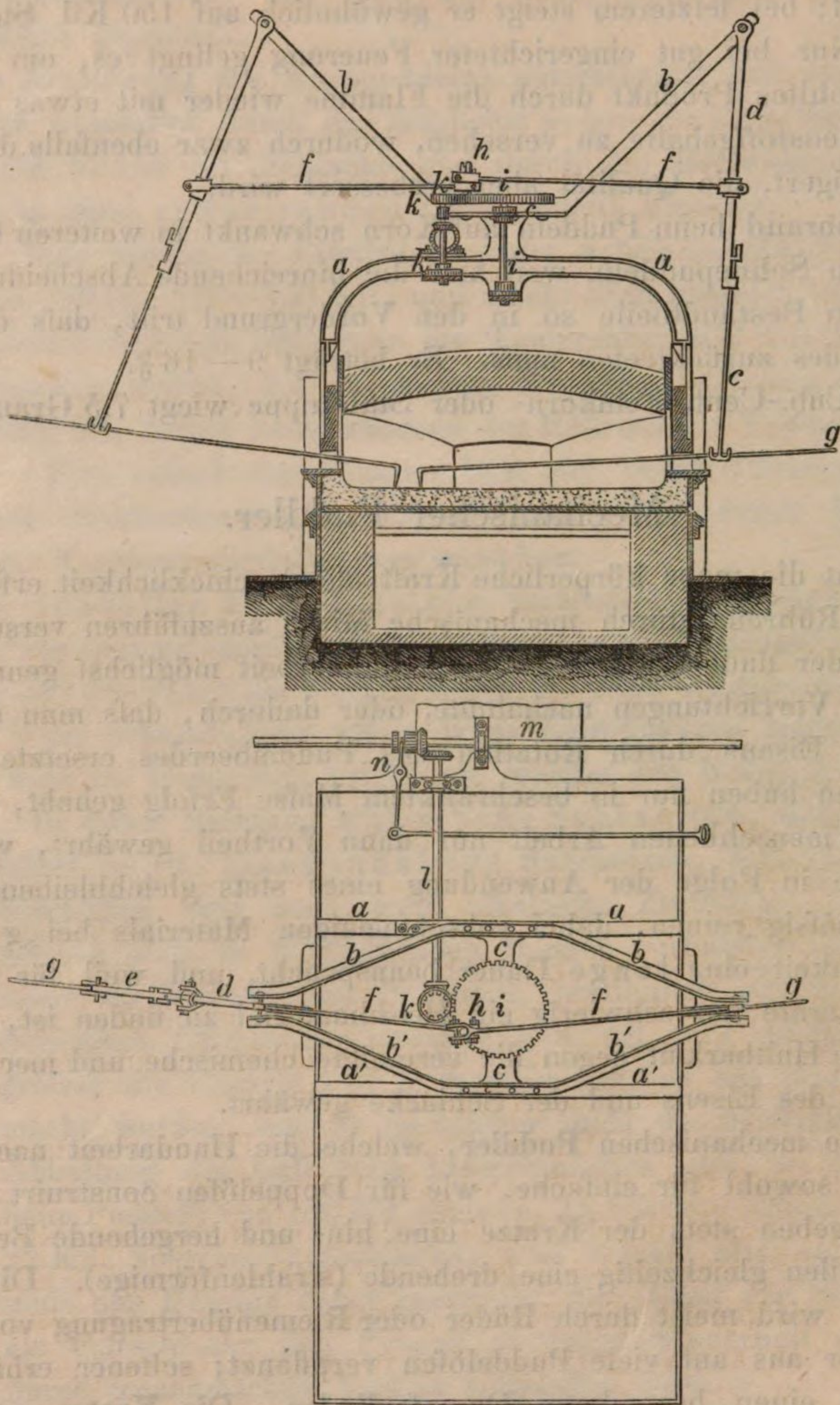
Man hat die mehr körperliche Kraft als Geschicklichkeit erfordernde Arbeit des Rührens durch mechanische Mittel auszuführen versucht und zwar entweder dadurch, daß man die Handarbeit möglichst genau durch maschinelle Vorrichtungen nachahmte, oder dadurch, daß man das Umrühren des Eisens durch Rotation des Puddelheerdes ersetzte. Beide Bestrebungen haben nur in beschränktem Maße Erfolg gehabt, weil der Ersatz der menschlichen Arbeit nur dann Vortheil gewährt, wenn die Rührperiode in Folge der Anwendung eines stets gleichbleibenden und verhältnißmäßig reinen, dabei rohschmelzigen Materials bei geringer Aufmerksamkeit eine lange Dauer beansprucht, und weil für die rotirenden Apparate nur schwierig ein Heerdmaterial zu finden ist, welches hinreichende Haltbarkeit gegen die vereinigte chemische und mechanische Einwirkung des Eisens und der Schlacke gewährt.

Die mechanischen Puddler, welche die Handarbeit nachahmen, sind sowohl für einfache, wie für Doppelöfen construirt worden. Sie geben stets der Kratze eine hin- und hergehende Bewegung, zuweilen gleichzeitig eine drehende (strahlenförmige). Die Bewegung wird meist durch Räder oder Riemenübertragung von einem Motor aus auf viele Puddelöfen verpflanzt; seltener erhält jeder Ofen einen besonderen Dampfzylinder. Die Kratze muß sich leicht von der mechanischen Vorrichtung lösen lassen, um jederzeit auch mit der Hand benutzt werden zu können.

Die verbreitetsten Konstruktionen *) sind die von Dumény und Lemut, die einfachere von Eastwood, für Doppelöfen die von Whitham.

Der Puddler von Whitham ist in Fig. 145 und 146 in Seiten- und Ober-Ansicht abgebildet. aa' ist der Träger, an welchem die vier Arme $bbb'b'$ befestigt sind. Am Ende je zweier Arme hängen die Schwingen d , mit den gabelförmigen Haken e , in welche

Fig. 145 und 146.



*) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Bd. XI und Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen Bd. XVIII.

die Puddelkratze *g* eingelegt wird. Durch die Kurbelstangen *f*, welche an der Warze *h* befestigt sind, erhalten die Kratzen eine hin- und hergehende Bewegung mit seitlicher Abweichung. Die Transmission findet von *m*, durch *l*, *k*, *i* statt. Die strahlenförmige Richtung muß hier den Kratzen durch die Hand des Puddlers gegeben werden, während sie bei den anderen Konstruktionen durch Rotation der Leitstange *d* ebenfalls mechanisch hervorgerufen wird.

Keulenförmige Kratzen, welche um ihre Axe rotiren, sind ebenso wie röhrenförmige Rührinstrumente, durch welche Wind oder Gas geführt wird (Richardson) ohne günstigen Erfolg versucht worden.

Die rotirenden Puddelöfen, weniger in Form eines um einen geneigten Stil drehbaren Topfes (Oestlund) ohne weitere Anwendung von Brennmaterial, als in Form eines um eine horizontale Axe drehbaren Cylinders, welcher zwischen feststehender Feuerung und Fuchs eingeschaltet ist (Menelaus*), haben nur da Verbreitung gefunden, wo sehr hohe Arbeitslöhne die großen Kosten ausgleichen, welche aus der schnellen Zerstörung des feuerfesten Futters erwachsen.

Die Verwerthung der Puddelofenschlacke.

Die Schlacken des Puddelprozesses sind im Wesentlichen denen des Heerdfrischprozesses analog zusammengesetzt und bestehen daher aus einem Singulosilikate von Eisenoxydul, welches um so mehr Eisenoxydoxydul mechanisch beigemengt (im heißen Zustande gelöst) enthält, je garer die Schlacke ist. Neben Eisenoxydul tritt namentlich in den Rohschlacken — welche wie beim Heerdfrischen durch ihre Krystallisation leicht von den Garschlacken zu unterscheiden sind — Manganoxydul auf. Thonerde, Kalkerde und Alkalien kommen aus den Wandungen des Puddelofens in kleinen Mengen in die Schlacke. Die Menge der Phosphorsäure ist von der Beschaffenheit des Rohmaterials und von der Art der Arbeit abhängig. Am reichsten pflegt die Schlacke der zweiten Periode daran zu sein.

Wird der Puddelofen mit rohen Erzen ausgesetzt, so gehen auch alle Bestandtheile dieser in die Schlacke über.

Die Garschlacke geht zum großen Theil wieder in den Prozeß zurück, während der Rest im Hochofen verarbeitet wird.**)

Die Rohschlacke pflegt zuweilen wegen ihrer Unreinheit auf die Halde zu gehen, meist jedoch verarbeitet man auch sie im Hochofen, unterwirft sie indessen, wenn sie sehr phosphorreich ist, einem vorhergehenden Saigerprozeß in stadelartigen Oefen.

*) Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing. loc. cit.

**) Vergl. Seite 122 und 139.

Man zerschlägt die Schlacke in faustgroße Stücke und schüttet sie mit Steinkohlenklein untermischt in den Stadelofen. Die durch die Luftlöcher nahe am Boden einziehende Luft verbrennt das Brennmaterial und oxydirt das Eisenoxydul. Es bleibt eine schwer-schmelzige glänzende Schlacke (Dörner-Schlacke) zurück, während ein leichtflüssiger Theil (Saiger-Schlacke) sich am Boden sammelt und aus den Luftlöchern (die zuweilen gleichzeitig Rost-Feuerungen sind) ausfließt. Letzterer enthält den größten Theil des gesammten Phosphorgehaltes und bleibt unbenutzt.

Zweiundzwanzigster Abschnitt.

3. Das Bessemern. *)

Der Bessemerprozess (das Bessemern oder Windfrischen) wird in retortenförmigen Gefäßen, welche Birnen genannt werden, ausgeführt. Das in besonderen Apparaten (Cupol- oder Flammöfen) eingeschmolzene, seltner direkt aus dem Hochofen entnommene Roheisen wird im flüssigen Zustande in die Birne gefüllt und dort von zahlreichen durch den Boden eintretenden Windstrahlen durchströmt.

Feststehende, cupolofenartige Gefäße (Bessemeröfen oder schwedische Oefen), in welche der Wind durch eine Reihe von Oeffnungen in den Seitenwandungen nahe dem Boden eingeführt wird, finden sich nur noch selten in Anwendung.

Die chemischen Vorgänge sind wie bei den übrigen Frischprozessen: das Feinen, Roh- und Garfrischen; aber die beim Feinen durch Verbrennung von Silicium und Eisen erzeugte Wärme wird in Folge der großen Menge des angewendeten Materiales (3000—10000 Kil.) und der kurzen Zeit, in welcher die erste Periode verläuft, hinreichend concentrirt, um das Eisen auf eine solche Temperatur zu erhitzen, daß die Entkohlung ohne neue Erhitzung von außen verlaufen kann und schließlichs das Produkt noch im flüssigen Zustande verbleibt. Je höher der Siliciumgehalt eines Eisens, um so mehr steigt die Temperatur. Man kann daher nur graues Roheisen verwenden.

Halbirtes Roheisen läßt sich nur dann benutzen, wenn es beim Einschmelzen stark überhitzt worden ist.

*) Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen Bd. XI bis XVIII; Hingenau, Bessemern in Oesterreich 1865; Boman, Bessemern in Schweden 1863.

Phosphor läßt sich in Folge der hohen Temperatur gar nicht, Schwefel in Folge der kurzen Zeitdauer nur in geringem Maße abscheiden.

Der schnelle Verlauf des Prozesses macht es äußerst schwierig ein Eisen von bestimmtem höheren Kohlenstoffgehalte (Stahl oder Feinkorn) darzustellen. Man benutzt daher das Windfrischen hauptsächlich zur Erzeugung von ganz oder beinahe ganz entkohltem Eisen.

Man kohlt freilich das entkohlte Eisen im unmittelbaren Anschlusse an den Frischprozeß durch Zusatz von Roheisen immer wieder höher, d. h. erzeugt einen Flußstahl *), aber diese Operation hat mit dem eigentlichen Frischen nichts zu thun. — Man nennt die Methode, nach welcher das Eisen ganz entkohlt und dann im Gefäße sofort wieder zurückgekohlt wird, die englische, diejenige dagegen, bei welcher unmittelbar ein Produkt von dem gewünschten Kohlenstoffgehalte erzeugt wird, die schwedische Methode.

Der Bessemerprozeß hat nicht so viele Arten oder Modificationen aufzuweisen wie der Puddel- oder gar der Heerdfrischprozeß; vielmehr hat man es der Regel nach nur mit einem der Dreimalschmelzerei auf Schmiedeeisen, und ausnahmsweise nur mit einem der Zweimalschmelzerei auf Stahl entsprechenden Verlaufe zu thun und der letztere unterscheidet sich von ersterem lediglich durch frühere Unterbrechung des Prozesses.

Das durch Bessemern erzeugte Schmiedeeisen wird stets in dem Gefäße selbst auf Stahl verarbeitet, der Stahl dagegen in Sammelgefäße abgelassen und aus diesen in eiserne Formen gegossen. Der so erhaltene Stahl ist nicht ohne Weiteres zu gebrauchen, sondern muß von zahlreichen Blasenräumen, mit denen er angefüllt ist, durch Dicht-hämmern (Dichten) befreit werden.

Schmiedeeisen von geringem Kohlenstoffgehalte durch den Bessemerprozeß herzustellen gelingt schwierig, weil bei dem schnellen Verlaufe des Prozesses wenige Augenblicke nach der hinreichenden Entkohlung das Produkt schon in ein gänzlich entkohltes, ja sauerstoffhaltiges Produkt übergegangen ist. — Zudem hat man an dem Stahl ein für die meisten Zwecke werthvolleres Produkt.

Die Bessemeranlage nebst Zubehör.

Die Umschmelzöfen.

Früher schmolz man alles Roheisen (sowohl das Materialeisen zum Frischen, als das Spiegeleisen, welches zur Rückkohlung angewendet wird) in Flammöfen um, welche nach Art der Sumpfföfen**) zugestellt wurden.

*) Vergl. den Abschnitt „Flußstahl“.

**) Vergl. Seite 152.

Jetzt thut man dies meist nur noch mit dem Zusatz-eisen, während das Materialeisen in Cupolöfen geschmolzen wird.

Neuerdings schmilzt man auf einzelnen Hütten auch das Zusatz-eisen im Cupolofen um. — Die Flammöfen erhalten für das Einschmelzen von 10000 Kil. Roheisen im Heerde 1,6 Meter Breite, 3,8 Meter Länge. Das Gewölbe folgt der Form des Heerdes. Man schmilzt die angegebene Menge in $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ Stunden ein. — Die Cupolöfen werden sehr groß (1,6—2 Meter weit und 4,4 bis 4,7 Meter hoch) angelegt und erhalten mehrere (4—6) 10—13 Centimeter weite Formen in einer Höhe von 0,62—1,10 Meter über dem Boden. — Ein Cupolofen liefert 3500—4000 Kil. in jeder Stunde. — Die Oefen mit getrenntem Sammelheerde *) geben die besten Resultate.

Die Birne.

Die Bessemerbirne ist ein retortenähnliches aus Eisenblech hergestelltes Gefäß, welches mit feuerfestem Materiale ausgefüttert ist. Dieselbe wird an zwei Zapfen drehbar aufgehangen. Der Wind wird durch einen der Zapfen, welcher hohl ist, und durch ein mit der Birne bewegliches Rohr in den doppelten Boden geführt, aus dem er durch zahlreiche Oeffnungen in das Innere tritt.

Fig. 147, 148 und 149 auf Seite 211 stellen eine Bessemerbirne dar. Fig. 147 ist eine Ansicht von der Rückseite, Fig. 148 ein rechtwinklig dazu stehender Vertikalschnitt, Fig. 149 ein Horizontalschnitt durch den cylindrischen Theil, in welchem man die Vertheilung der Windöffnungen sieht.

Man stellt den eisernen Mantel der Birne aus zwei (Fig. 147), auch drei trennbaren Theilen (Kessel- oder Bodenstück, Mittelstück und Haube) her, welche mit gußeisernen, flanschenförmigen Ringen versehen sind und an einander geschraubt werden. Der Boden bildet außerdem stets einen Theil für sich, welcher leicht entfernbar sein muß, da an dem feuerfesten Futter in der Nähe der Windeinströmungen die häufigsten Reparaturen vorkommen.

Das feuerfeste Futter wird meist aus Masse von wenig thonhaltigem Sande (Ganister) aufgestampft, seltner aus feuerfestem Thone, welcher stark mit Chamotte versetzt ist, gebildet oder mit feuerfesten Ziegeln ganz oder theilweise aufgemauert. Der Boden wird erst nach Vollen-dung des übrigen Theils und nach Einsetzung der Windzuführungen (Formen, Ferne oder Feren) aus derselben Masse hergestellt.

Das Innere einer mittleren Birne (zu 5000—6000 Kil.) erhält einen Durchmesser von 1,8 Meter in der Mitte des ca. 1 Meter

*) Vergl. Seite 148.

Fig. 147.

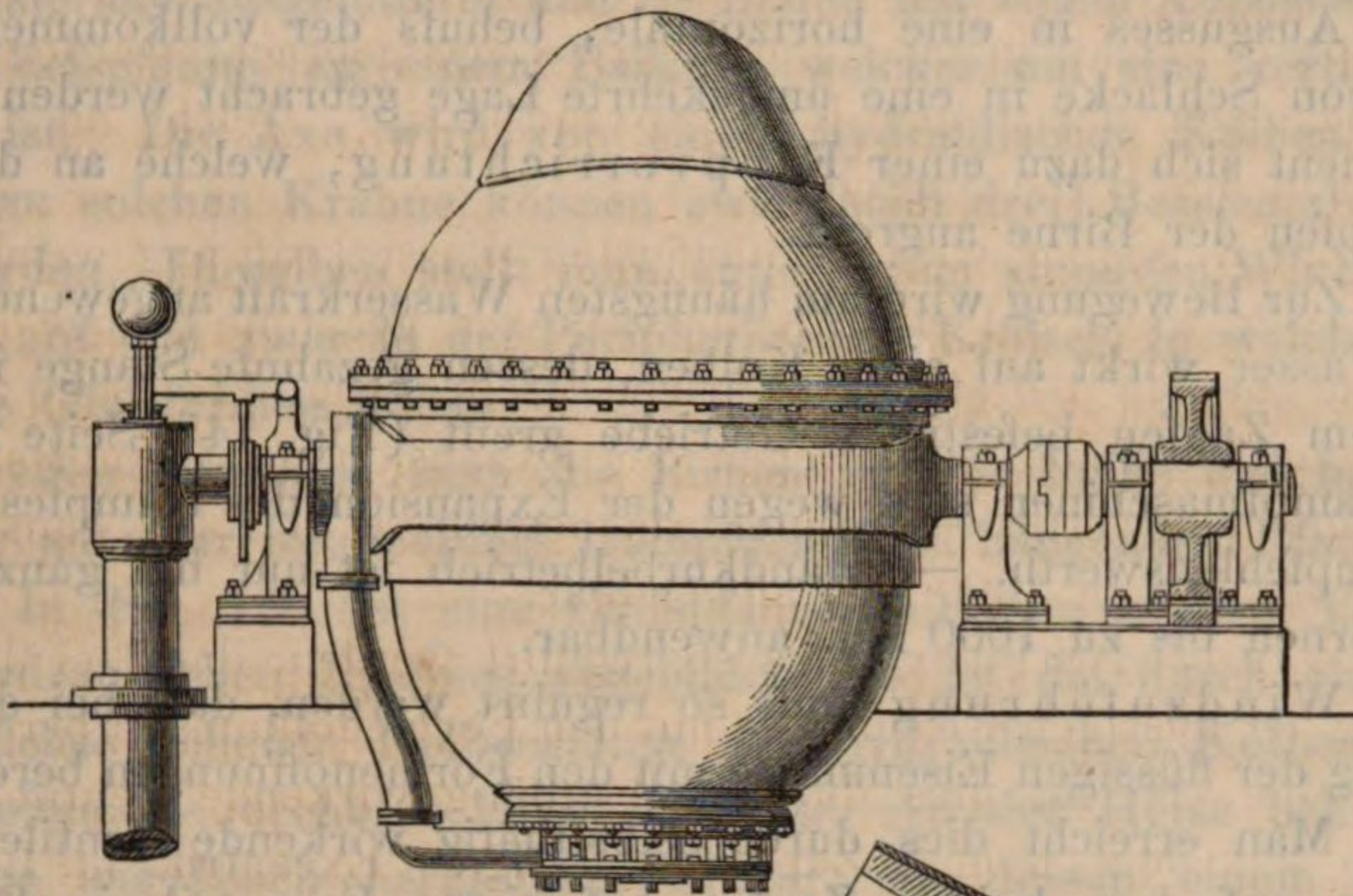


Fig. 148.

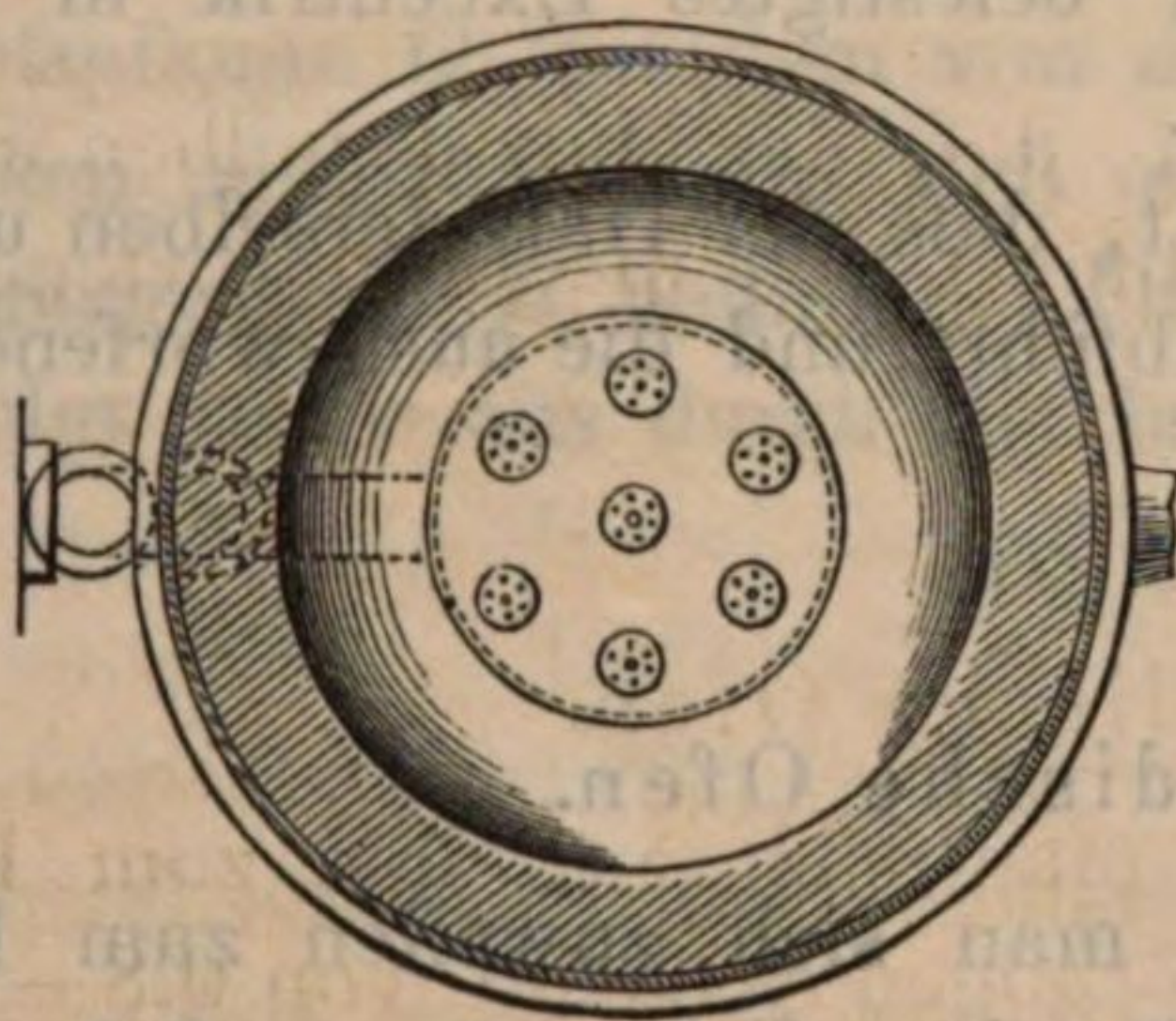
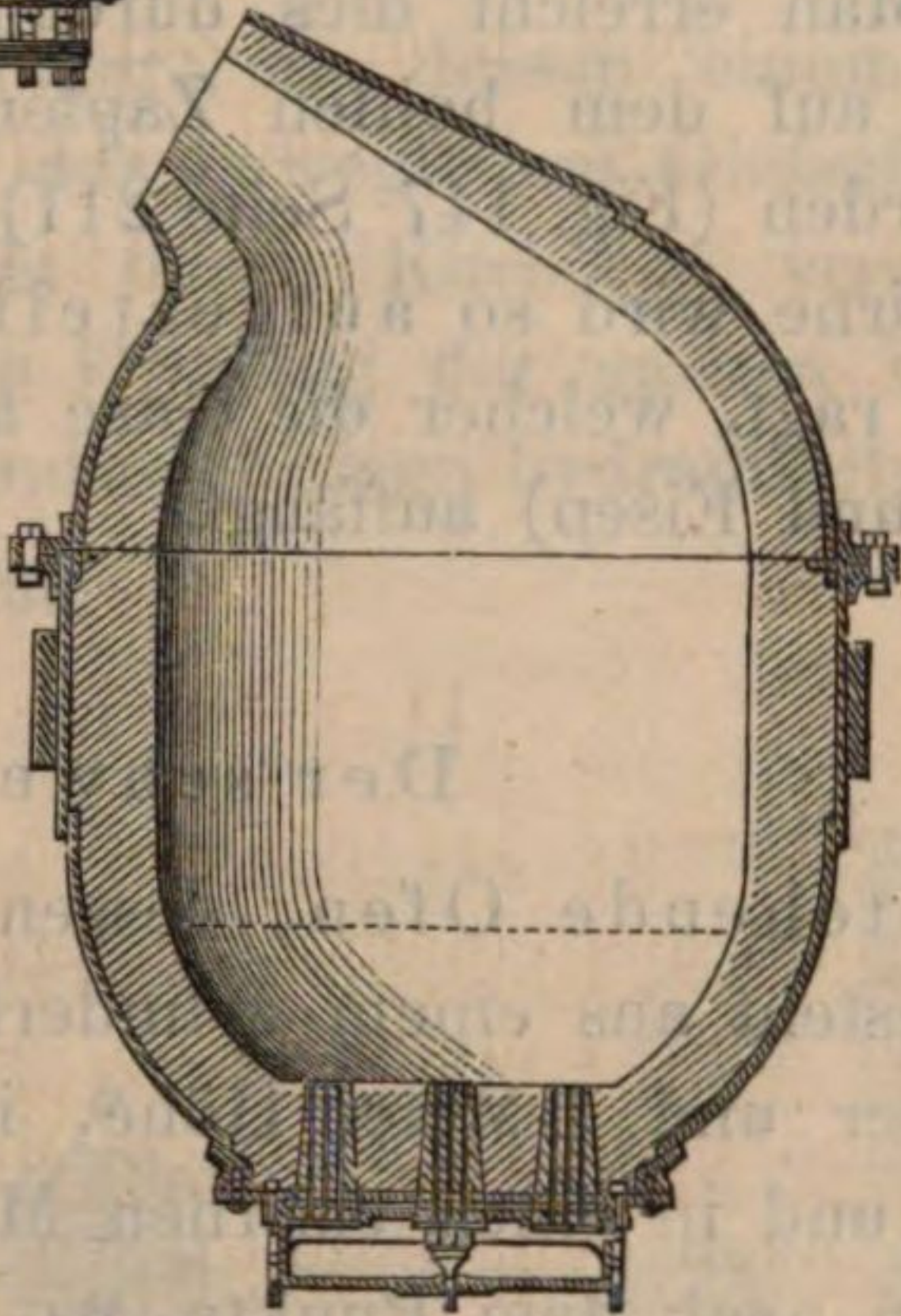


Fig. 149.



hohen cylindrischen Theils. Der Durchmesser am Boden ist 1 Meter und der verjüngte Theil über demselben 0,8 Meter hoch. Der obere sich zu dem röhrenförmigen Halse verjüngende Theil endlich hat bis zur Mündung 1,8 Meter Höhe, die Mündung selbst 0,4 Meter Dtr. — Der Boden muß von der Mündung aus ganz sichtbar sein. — Das Futter erhält ca. 0,3 Meter Stärke. — Die Formen, schwach konische Stücke mit Rand an der breiteren Basis und je 7 (Fig. 148) 12 oder 13 cylindrischen Windöffnungen (Düsen) von 9,8 Millimeter Durchmesser, werden aus einem Gemische von feuerfestem Thone und Chamotte durch Pressen hergestellt. — Der Boden erhält 7 (Fig. 148), 12 oder 13 solcher Formen. — Ist der Boden sammt den Formen von der ursprünglichen Stärke (0,47 Meter) etwa auf die Hälfte abgeschmolzen, so werden die Formen erneuert; der Boden wird nachgestampft, auch durch Aufguß wieder hergestellt, oder ganz ersetzt.

Die Birne muß aus der vertikal hängenden Lage, behufs der Füllung und des Ausgusses in eine horizontale, behufs der vollkommenen Entleerung von Schlacke in eine umgekehrte Lage gebracht werden können. Man bedient sich dazu einer Kippvorrichtung, welche an dem massiven Zapfen der Birne angreift.

Zur Bewegung wird am häufigsten Wasserkraft angewendet. Das Wasser wirkt auf einen Kolben, dessen gezahnte Stange in ein an dem Zapfen befestigtes Getriebe greift (Fig. 147 Seite 211). — Dampfmaschinen sind wegen der Expansion des Dampfes weniger empfehlenswerth. — Handkurbelbetrieb ist nur bei ganz kleinen Birnen bis zu 1000 Kil. anwendbar.

Die Windzuführung muß so regulirt werden, daß bei der ersten Berührung der flüssigen Eisenmasse mit den Formenöffnungen bereits Wind eintritt. Man erreicht dies durch selbstthätig wirkende Ventile, welche durch ein auf dem hohlen Zapfen befestigtes Excentrik in Bewegung gesetzt werden (Fig. 147 Seite 211).

Die Birne wird so aufgestellt, daß der Hals derselben unter einen Rauchfang ragt, welcher die Gase abführt und die ausgeworfenen Funken (Schlacke und Eisen) auffängt. ✓

Der schwedische Ofen.

Der stehende Ofen, dessen man sich zuweilen zum Bessemern bedient, besteht aus einem cylinderförmigen Schachte von 0,8 — 0,9 Meter Durchmesser und 1 Meter Höhe, ist aus feuerfesten Steinen oder Masse hergestellt und in einen eisernen Mantel eingebaut. Der Boden fällt von allen Seiten nach dem Punkte, wo sich das Stichloch befindet, ab. Der Wind wird durch zahlreiche (12 — 20) horizontale Oeffnungen in geringer Entfernung über dem Boden eingeführt. Der Ofen ist oben mit einer abnehmbaren Haube bedeckt, welche nur eine kleine Oeffnung zur Abführung von Rauch und Funken freiläßt.

Der schwedische Ofen ist für die Verarbeitung geringer Roheisenmengen (850 — 1000 Kil.) berechnet, erfordert zwar weniger Anlage- und Unterhaltungskosten als die Birnenvorrichtung, ist aber weit unvollkommener, namentlich in Bezug auf die Windführung. ✓

Die Gießspanne.

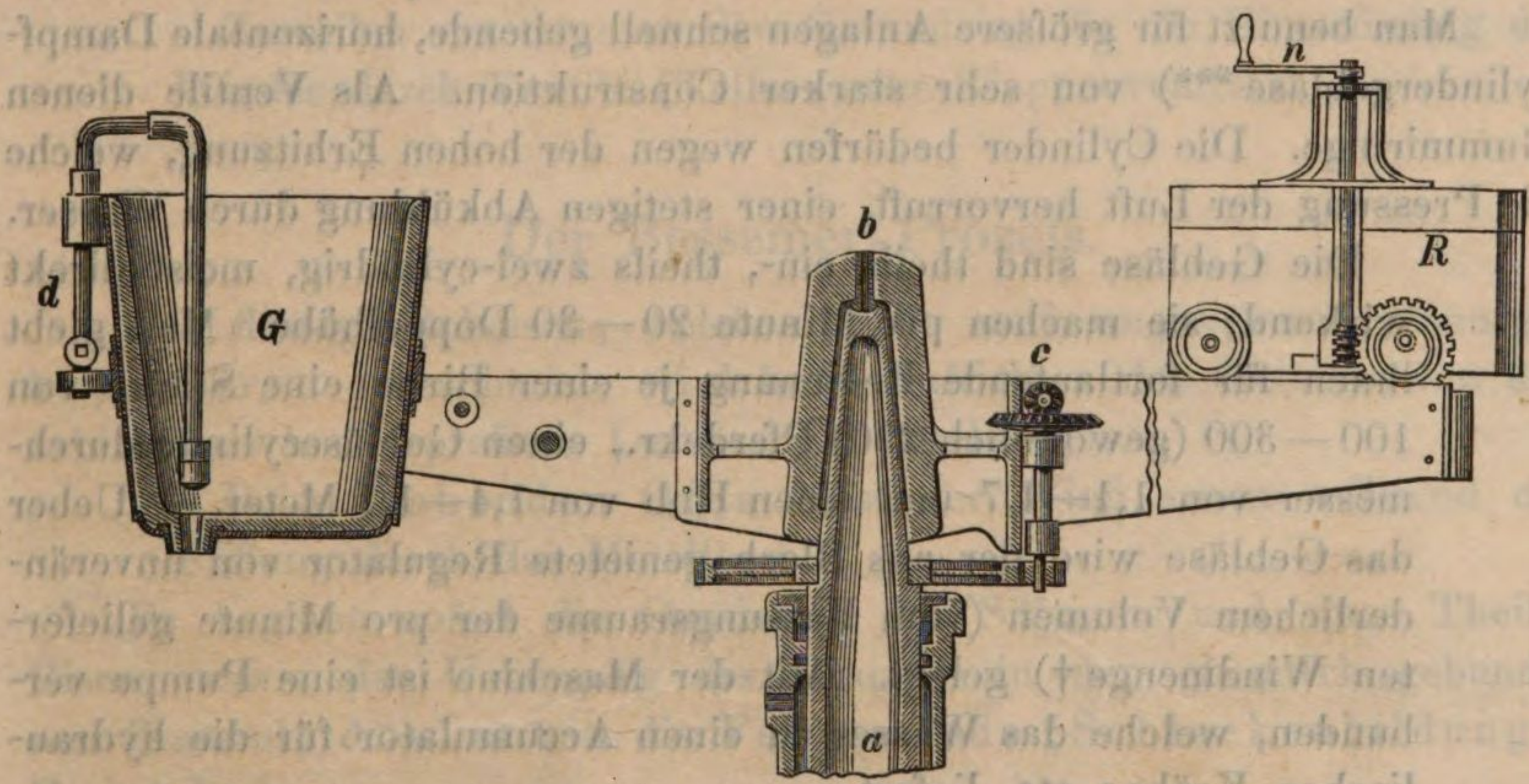
Das fertige flüssige Produkt wird durch Neigung der Birne oder durch Abstich aus dem schwedischen Ofen in eine Gießspanne geleitet. Dieselbe muß im ersten Falle der Bewegung der Birne folgen können, sich daher heben und senken lassen, und in jedem Falle über die Gießformen geführt werden können.

Der Regel nach befestigt man die aus Eisen bestehende mit feuerfestem Materiale ausgefütterte und im Boden mit einem Ablassventile versehene Gießspfanne an einem Balken, welcher um eine verticale Axe drehbar ist. Die Axe wird von einem hydraulischen Kolben gebildet. Von einem solchen Krahne können zwei (auch drei) Bessemerbirnen bedient werden. Dieselben stellt man unter einem stumpfen Winkel gegeneinander auf und zwar in der Peripherie eines Kreises, in welcher gleichzeitig die Gießformen stehen.

Zuweilen legt man auch die Birnen in eine Reihe und bedient sie mit einer an einer lokomobilen Dampfmaschine hängenden Pfanne.

In Fig. 150 ist eine Gießspfanne mit dem oberen Theile des hydraulischen Krahnes abgebildet. *a* ist die durch eine Stopfbüchse gehende Kolbenstange des hydraulischen Kolbens, deren Spitze die drehbare Hülse *b* trägt. An der Hülse befindet sich der aus Blech hergestellte Träger, an dessen einem Ende die Gießspfanne *G* mit dem von *d* aus beweglichen Gießspfpfropfen, an dessen anderem Ende sich ein durch Kurbel *n* verschiebbares Gegengewicht *R* befindet. Die Drehung der ganzen Vorrichtung erfolgt von *c* aus durch die Hand oder einen hydraulischen Kolben.

Fig. 150.



Eine Bessemeranlage bedarf mehrerer Etagen. Am vollkommensten wird sie bei Anwendung von fünf unter einander liegenden Terrassen.

Auf der obersten Terrasse kommt Brennmaterial und Roheisen zu den Umschmelzöfen an; auf der zweiten liegen die letzteren, von deren Abstich bis zur Mündung der gekippten Birnen nur eine geringe Höhendifferenz zur Herstellung eines Gefälles für das flüssige Roheisen zu sein braucht. Die dritte Terrasse liegt ungefähr in der Zapfenhöhe der Birnen und dient zur Leitung der

Kippvorrichtungen u. s. w. Die vierte Terrasse ist die Hüttensohle. Unter ihr eingelassen in eine Dammgrube stehen die Gufsformen. — Von der Einrichtung der Gufsformen wird beim Gufsstahl die Rede sein.

Das Gebläse.

Für kleine Anlagen, namentlich für den Betrieb des schwedischen Ofens, für welchen ein Ueberdruck des Windes von 32 — 43 Centimeter Quecksilbersäule *) ausreicht, bedient man sich häufig der vorhandenen Hochofencylindergebläse **); für grössere Anlagen dagegen genügen diese nicht, sondern man muß besonders construirte Gebläse, welche einen Ueberdruck von 80 — 108, ja besser noch bis 135 Centim. Quecksilbersäule liefern, anwenden.

1 Centim. flüssiges Roheisen = 0,52 Centim. Quecksilber. —

Da das Roheisen selten höher als 30 Centim. hoch im Gefäße steht, so würde ein Gegendruck der Windpressung von 16 Centim. genügen, wenn keine Reibung des Windes im flüssigen Eisen und kein Gasgegendruck im Frischgefäße stattfände, um das Eisen von dem Einflusse in die Formen abzuhalten. — Das Gebläse muß 30 bis 31 Cub.-Meter Wind von atmosphärischer Dichtigkeit pro 100 Kil. Roheisen oder durchschnittlich 60 Cub.-Meter pro Minute liefern.

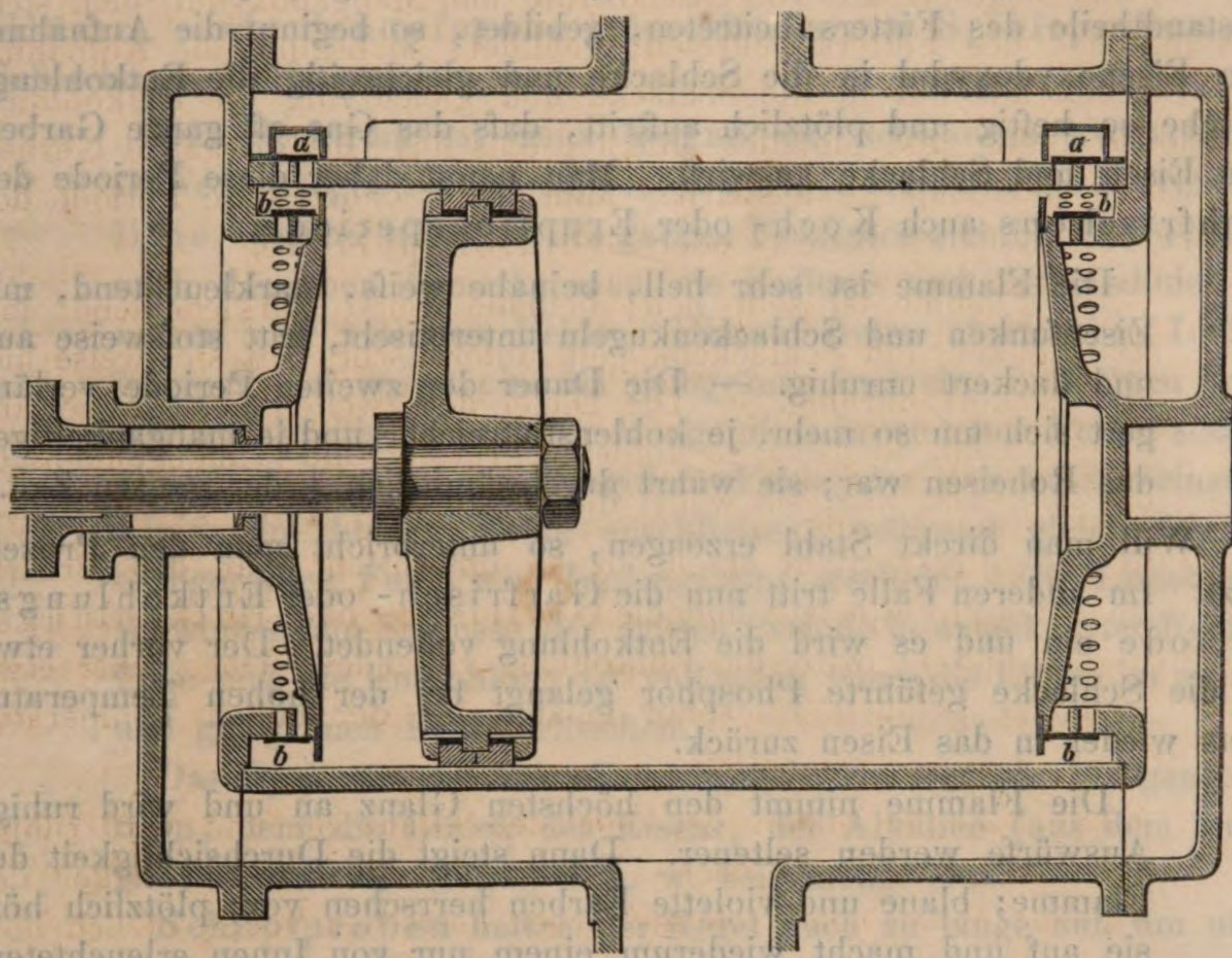
Man benutzt für grössere Anlagen schnell gehende, horizontale Dampf-cylindergebläse ***) von sehr starker Konstruktion. Als Ventile dienen Gummiringe. Die Cylinder bedürfen wegen der hohen Erhitzung, welche die Pressung der Luft hervorruft, einer stetigen Abkühlung durch Wasser.

Die Gebläse sind theils ein-, theils zwei-cylindrig, meist direkt wirkend; sie machen pro Minute 20 — 30 Doppelhübe. Man giebt ihnen für fortlaufende Bedienung je einer Birne eine Stärke von 100 — 300 (gewöhnlich 250) Pferdek., einen Gebläsecylinderdurchmesser von 1,1 — 1,7 und einen Hub von 1,4 — 1,7 Meter. — Ueber das Gebläse wird der aus Blech genietete Regulator von unveränderlichem Volumen (vom Fassungsraume der pro Minute gelieferten Windmenge †) gelegt. Mit der Maschine ist eine Pumpe verbunden, welche das Wasser in einen Accumulator für die hydraulischen Krähne etc. liefert.

In Fig. 151 auf Seite 215 ist ein Gebläsecylinder im Vertical-Querschnitte abgebildet. Die Luft strömt durch den Canal ein, welcher sich an der unteren Seite der Figur befindet, und gelangt unter dem Gummiringe *bb* hindurch, in das Innere des Cylinders. Der Wind strömt durch die Gummiringe *aa* zum Regulator aus. Die Kolbenliderung ist eine selbstthätig wirkende.

*) Vergl. Seite 88. **) Vergl. Seite 66. ***) Vergl. Seite 70. †) Vergl. Seite 73.

Fig. 151.



Zuweilen ersetzt man den Gummiring für die Einströmung des Windes durch Ventile (Teller- oder Klappenventile).

Der Bessemer-Prozess.

Das flüssige Roheisen, welches in die stark angewärmte, dann gekippte Birne gebracht ist, wird beim Aufrichten des Gefäßes von den zahlreichen hochgepressten Luftstrahlen durchzogen.

Beim stehenden Ofen bläst der Wind schon während der Füllung durch das Metallbad.

Es beginnt sofort die Oxydation des Siliciums und eines Theiles Eisen, sowie der Uebergang des Graphits in den chemisch gebundenen Zustand, d. h. es tritt die Feinperiode (Schlackenbildungs-Periode) ein.

Der anfangs austretende erleuchtete Gasstrom, dem rothe Funken beigemengt sind, geht bald in eine orangefarbene Flamme mit einigen blauen Streifen und weißem Saume, von übrigens geringer Leuchtkraft und Durchsichtigkeit über. Helligkeit und Glanz steigen allmählig, es mischen sich Funken verbrannten Eisens und weißglühender Schlackentheile bei. Die Dauer dieser Periode richtet sich wesentlich nach dem Siliciumgehalte des Roheisens. Sie beträgt durchschnittlich die Hälfte der Gesamtdauer.

Ist das Singulosilikat von Eisenoxydul und Manganoxydul, dem stets Bestandtheile des Futters beitreten, gebildet, so beginnt die Aufnahme von Eisenoxydoxydul in die Schlacke und gleichzeitig die Entkohlung, welche so heftig und plötzlich auftritt, daß das Gas oft ganze Garben von Eisen und Schlacke auswirft. Man nennt daher diese Periode des Rohfrischens auch Koch- oder Eruptionsperiode.

Die Flamme ist sehr hell, beinahe weiß, starkleuchtend, mit Eisenfunken und Schlackenkugeln untermischt, tritt stoßweise aus und flackert unruhig. — Die Dauer der zweiten Periode verlängert sich um so mehr, je kohlenstoffreicher und je manganhaltiger das Roheisen war; sie währt durchschnittlich $\frac{1}{3}$ der ganzen Zeit.

Will man direkt Stahl erzeugen, so unterbricht man den Prozeß jetzt. Im anderen Falle tritt nun die Garfrisch- oder Entkohlungsperiode ein und es wird die Entkohlung vollendet. Der vorher etwa in die Schlacke geführte Phosphor gelangt bei der hohen Temperatur stets wieder in das Eisen zurück.

Die Flamme nimmt den höchsten Glanz an und wird ruhig; Auswürfe werden seltener. Dann steigt die Durchsichtigkeit der Flamme; blaue und violette Farben herrschen vor; plötzlich hört sie auf und macht wiederum einem nur von Innen erleuchteten, ganz durchsichtigen Gasstrome Platz. — Bei sehr dunkeln, manganreichen Sorten, bleibt die Flamme bis zum Schlusse des Prozesses sehr leuchtend. — Die letzte Periode dauert durchschnittlich $\frac{1}{6}$ der ganzen Zeit des Frischens.

Manganhaltige Roheisensorten, besonders wenn sie nicht umgeschmolzen, sondern direkt vom Hochofen entnommen sind, entwickeln einen braunen Rauch, welcher mit dem Fortschreiten des Prozesses zunimmt.

Der Rauch besteht wesentlich aus verdampfendem kieselsauren Eisen- und Manganoxydul.

Die Länge des ganzen Prozesses schwankt zwischen 15 und 42, beträgt aber meistens 20—25 Minuten.

Je siliciumreicher das Roheisen ist, um so länger dauert zwar die erste Periode, aber um so höher steigt auch die Temperatur und um so schneller verlaufen daher die zwei folgenden Perioden.

Die Windpressung wird vom Beginne des Prozesses an allmähig bis zur Rohfrischperiode gesteigert, muß dann sinken, am Schlusse dieser Periode aber wieder steigen und ihre größte Höhe am Schlusse der Garfrischperiode erreichen.

Man beurtheilt den Zustand, in welchem sich das Produkt befindet, gewöhnlich nach dem Aussehen der Flamme. Als weitere Mittel hat

man Beobachtungen durch das Spektroskop *) und durch gefärbte Gläser, sowie Schöpfproben des Metalls und Spiefsproben der Schlacke zu Hülfe genommen.

Das Spektrum ist beim Beginn ein schwaches kontinuierliches. Gegen Schluß der ersten Periode erscheint die Natriumlinie, welche während des ganzen Prozesses sichtbar bleibt; kurz nach derselben bemerkt man die Kalium- und Lithiumlinien im rothen und violetten Felde. Hierauf treten abgeschattirte Liniengruppen auf, zuerst eine im gelbgrünen und eine im grünen Felde und gleichzeitig die einzelne Manganlinie im violetten Felde, sodann eine dritte Gruppe im blaugrünen Felde, der sich wieder einzelne Linien im blauen Felde anschließen, während gleichzeitig im orangerrothen Felde eine Liniengruppe erscheint. Die Linien verschwinden am Schlusse der dritten Periode in umgekehrter Reihenfolge und die Entkohlung ist vollendet, wenn die Linien im grünen und gelbgrünen Felde erlöschen.

Das Spektrum ist kein Kohlenoxyd-, sondern ein Manganspektrum, dem die Linien des Eisens, der Alkalien (aus dem feuerfesten Futter der Birne) u. s. w. beigemischt sind.

Schöpfproben halten der Regel nach zu lange auf, um nützlich zu sein.

Spiefsproben werden so ausgeführt, daß man eine kalte Eisenstange in die Mündung der Birne führt und die sich ansetzende Schlacke untersucht. Eine helle, zusammenhängende Schlacke ist gewöhnlich der Beweis unzureichender, eine netzförmige dunkle Schlacke, der hinreichender Gare; doch wechselt dieses Verhältniß bei verschiedenen Eisensorten.

Das Produkt der vollständigen Entkohlung ist ein sehr kohlenstofffreies grobkrySTALLINISCHES, oft sauerstoffhaltiges Eisen, welches technisch brauchbare Eigenschaften erst durch Zusammenschmelzen mit höher gekohltem Eisen, oder durch Glühen unter Holzkohlen erhält.

Das bis zum Stahl entkohlte Produkt ist nach dem Gusse stets blasig und bedarf vor der Verwerthung einer starken Dichtung (durch Hämmern oder Walzen).

Angelaufene (oxydirte) Blasenräume geben bleibend unganze Stellen. — Beim schwedischen Ofen fällt der erzeugte Stahl stets blasiger aus, weil der Wind während des Abstiches nicht abgestellt werden darf.

Stahlabfälle, welche beim Bessemern mit verwerthet werden sollen, werden im glühenden Zustande in die Birne gebracht und zwar in dem

*) Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen Bd. XVII, Seite 1.

Masse, als es die Temperatur des flüssigen Eisenbades ohne Nachtheil gestattet, gewöhnlich in der zweiten Periode.

Nur bei sehr heiß eingeschmolzenem Eisen kann man schon im Anfange des Prozesses kalte Stahlbrocken einsetzen.

Durch Zuführung von Kohlenstaub mit dem Winde hat man im Anfange des Prozesses die Temperatur zu erhöhen versucht, wenn das Roheisen zu siliciumarm ist.

Ebenso ist metallisches Blei, auch Zink zugesetzt worden, welche bei ihrer Oxydation Wärme entwickeln sollen. — Wirksamer und billiger als derartige Mittel ist indessen eine hinreichende Ueberhitzung des Roheisens vor dem Einsatze. — Kohlenwasserstoffe (Leuchtgas) absorbiren durch ihre Zersetzung so viel Wärme, daß sie keinen Vortheil bieten. — Die Anwendung reinen Sauerstoffs würde sehr energisch auf Temperatur-Erhöhung wirken, ist aber zu kostspielig. Vielleicht würde auch die Temperatur zu hoch für die Haltbarkeit des Gefäßes steigen.

Dreiundzwanzigster Abschnitt.

4. Das Frischen mit sauerstoffhaltigen Körpern aufser Luft.

Es ist vielfach versucht worden den Sauerstoff der Luft, welcher bei keinem der Frischprozesse unmittelbar oxydirend auf den Kohlenstoff des Roheisens wirkt, durch direkt wirkende Körper zu ersetzen.

In gewissem Grade geschieht dies bei der gewöhnlichen Ausführung des Heerdfrischens und besonders beim Puddeln durch den Zusatz von Garschlacke, Schwahl, Hammerschlag, Walzsinter und z. Th. von rohem oder geröstetem Eisenstein, doch darf ohne Nachtheil für die Gröfse des Eisenabganges ein bestimmtes Verhältniß hierbei nicht überschritten werden.

Beim Bessemern haben Versuche mit garenden Schlacken kein günstiges Resultat gehabt, weil die Temperatur erniedrigt wird, welche sich bei der ersten Bildung der Schlacke durch Oxydation des im Roheisen enthaltenen Siliciums erzeugen muß. — Der Versuch das Roheisen beim Abstich aus dem Hochofen mit Eisenoxyd (gepulvertem Magnet-, Roth- oder Spatheisenstein) zu mischen (Ellershausen) und es so für das Frischen vorzubere-

reiten hat keine allgemeinere Verbreitung gefunden, weil dazu (wie bei den Rennarbeiten) ein sehr reicher und reiner Eisenstein gehört, wenn nicht eine zu grofse Menge Eisen nachher verschlackt werden soll.

Der Zuschlag von Manganoxyden beim Frischen dient nur unwesentlich zur Beförderung der Entkohlung, denn in Folge der geringen Reduktionsfähigkeit derselben gehen sie stets in Form von Oxydul in die Schlacke und hindern dann sogar beträchtlich die Entkohlung.

Wasserdampf, welcher durch flüssiges Roheisen geblasen wird, entkohlt dasselbe gleichfalls, aber nur wie die Luft mittelbar. Es bildet sich durch Zersetzung des Dampfes Wasserstoff, welcher gasförmig entweicht und Sauerstoff, welcher die Oxydation in derselben Weise wie die Luft bewirkt. Die hohe Wärmemenge, welche zur Zersetzung des Wasserdampfes erforderlich ist, verlangt einen entsprechenden Brennmaterialaufwand, welcher das Verfahren stets unökonomisch macht.

Salpeter (salpetersaures Natron) wirkt als Zusatz beim Frischen äufserst energisch oxydirend, aber auf den Kohlenstoff ebenfalls nur durch Vermittelung gebildeten Eisenoxydoxyduls ein. Der Salpeter ist theils in Papierpatronen gefüllt in das flüssige Eisen des Puddelofens gebracht worden, theils hat man ihn auf dem Boden des Frischgefäßes festgestampft (Hargreaves), theils in einem durchlochten eisernen Kasten (Heaton) auf den Boden eines Puddelofens oder eines cupolofenartigen Gefäßes gelegt. Im letzten Falle wird das flüssige Roheisen auf den Kasten abgestochen.

Der Vorthail, den diese Methode in Folge der Zeitverkürzung des Frischens bietet, entspricht nicht dem Aufwande für den Salpeter, welcher in Folge der schnellen Zersetzung des letzteren viel größer sein muß als zur Oxydation des Kohlenstoffs nöthig wäre, wenn aller Sauerstoff nur dazu aufgebraucht würde.

Kohlensäure hat man beim Bessemerprozeße anzuwenden versucht, in Folge der äufserst schwachen Einwirkung derselben indessen ohne Nutzen.

Je freieren Zutritt man der Luft bei der Anwendung der genannten sauerstoffhaltigen Körper gestattet, um so mehr nähern sich die Vorgänge denen des einfachen Frischens.

5. Erzstahl-Erzeugung.

Unter Erzstahl versteht man das kohlenstoffhaltige Eisen, welches durch Zusammenschmelzen von Eisenoxyden mit Roheisen erhalten wird.

Der Prozeß weicht in sofern von dem eigentlichen Frischen ab, als derselbe nur in Tiegeln ausgeführt wird, daher die Luft keinen Einfluß ausübt. Das Produkt sollte die Summe des Eisens aus Erz und Roheisen enthalten und an Kohlenstoff so viel verloren haben, als dem Sauerstoff des Erzes entspricht. Der Vorgang ist indessen ein anderer: der Sauerstoff des Erzes wird zur Bildung einer Schlacke verbraucht und der absolute Kohlenstoffgehalt vermindert sich gar nicht. Da indessen die absolute Eisenmenge vermehrt wird, so sinkt der relative Kohlenstoffgehalt und man erhält einen mehr oder weniger kohlenstoffhaltigen Stahl.

Der Prozeß ist schon sehr alt, bereits von Réaumur angegeben, 1855 durch Uchatius von Neuem und in verbesserter Weise in die Praxis eingeführt. Man mischt ein weißes Roheisen (Spiegeleisen oder Weißstrahl) in Stücken oder Granalien mit Roth-, Magnet- oder geröstetem Spatheisenstein im Graphittiegel und erhitzt letzteren bis zum Schmelzen des Produktes in einem kleinen Schachtofen, auf dessen rostförmigem Boden der Tiegel unmittelbar aufzustehen pflegt. — Auch hat man Eisen zuerst in Glühhitze oxydirt und dann auf dasselbe flüssiges Roheisen gegossen. Die Qualität des Produktes ist wesentlich von der Reinheit der angewendeten Materialien abhängig.

Der Prozeß ist nur für kleine Mengen und für sehr reine Materialien anwendbar. Man besetzt jeden Tiegel mit nur 30—40 Kil. Auf 100 Kil. Roheisen werden gewöhnlich ca. 25 Kil. Erz genommen, jedoch richtet sich die Menge des letzteren nach seinem Eisen- und Sauerstoffgehalte.

In gewissem Grade gehört auch hierhin der Vorbereitungsprozeß des Roheisens für das Frischen *), bei welchem flüssiges Roheisen mit gepulvertem Erze zusammen gebracht wird, obwohl es bei demselben nur Absicht ist, ein Zwischenprodukt zu erzeugen.

Das Produkt der Erzstahlbereitung ist nach dem Gusse meist blasig, wie der Bessemerstahl und bedarf daher wie dieser der Dichtungsarbeiten.

*) Vergl. Seite 218 und 219.

Vierundzwanzigster Abschnitt.

Reinigung des Eisens von Phosphor und Schwefel.

Es ist vielfach versucht worden, das Roheisen, welches Phosphor und Schwefel in solchen Mengen enthält, daß das daraus durch einen der angegebenen Prozesse erzeugte schmiedbare Eisen unbrauchbar werden würde, durch andere Hilfsmittel zu reinigen, als diejenigen sind, welche sich beim gewöhnlichen Verlauf der Frischprozesse anwenden lassen und welche wesentlich in der Erzeugung einer manganhaltigen Schlacke und einer Verzögerung der Entkohlung durch die Art der Arbeit bestehen.

Die meisten Versuche laufen auf die Absicht hinaus, durch geeignete Zuschläge entweder ebenfalls die Entkohlung zu verlangsamen oder flüchtige Verbindungen von Phosphor und Schwefel zu erzeugen.

Am meisten Mühe hat man sich in dieser Richtung beim Bessemern gegeben, bei welchem es am wenigsten gelingt durch Anwendung hinreichend niedriger Temperatur, rechtzeitige Entfernung der Schlacke und Verlangsamung des Prozesses die genannten Stoffe in nennenswerthen Mengen abzuscheiden.

Das Ziel ist nach den bisherigen Erfahrungen noch nicht erreicht, scheint indessen in der Weise weiter verfolgt werden zu müssen, daß man das Roheisen nach dem Abstich aus dem Hochofen und vor dem Einsatz in den Puddelofen einem Reinigungsprozesse unterwirft. Bisher hat aber noch keine der vorgeschlagenen Methoden ökonomische Resultate geliefert.

Die sogenannten stahlbildenden oder eisenreinigenden Mittel sind häufig ohne jede, häufig von nachtheiliger, selten von guter Wirkung. Die meisten derjenigen Mittel, welche im Heerde und Puddelofen wirklichen Einfluß ausüben, bestehen in mangan- oder alkalihaltigen Substanzen, welche eine leichtflüssige Schlacke zu bilden geeignet sind und die Entkohlung verzögern, oder in kohlenstoffhaltigen Substanzen, welche die Entkohlung ebenfalls verlangsamen sollen. Die Verflüchtigung von Phosphor und Schwefel ist besonders durch Anwendung von Chlor-, Brom-, Jod- und Fluor-Verbindungen zu erzielen versucht worden, irriger Weise auch durch Wasserdampf oder Wasserstoff.

Das am häufigsten gebrauchte Schafhäutl'sche Pulver besteht aus 3 Gew.-Th. Braunstein, 6 Gew.-Th. Kochsalz und 1 Gew.-Th. Thon und wirkt auf Bildung einer mangan- und natronhaltigen Schlacke. Andere Pulver werden aus Eisenoxyd, Thon, Kalk und

Kochsalz hergestellt und geben manganfreie, daher weniger die Entkohlung verzögernde Schlacken. — Bleiglätte ist ein theurer und ähnlich wirkender Zuschlag, ebenso Borax.

Von Chloriden sind Eisenchlorid, Manganchlorid, Chlorcalcium und Bleichkalk, Chlorbarium und Chloralkalien einzeln oder in Verbindungen benutzt worden, meist ohne oder wenigstens ohne ökonomischen Erfolg; auch das noch theurere Chlorgas ist vorgeschlagen worden.

Jod- und Bromsalze sind viel zu kostspielig, um (selbst ihre Wirksamkeit vorausgesetzt) praktisch anwendbar zu sein.

Von Fluoriden ist das Fluorcalcium mit und ohne Beimengung von Eisenoxyden sehr häufig versucht worden. Wo sich ein Erfolg zeigte, scheint er wesentlich einer mechanischen Reinigung des Eisens von eingemengten Schlackentheilen durch Bildung einer leichtflüssigen Schlacke zugeschrieben werden zu müssen.

Als Mittel, welche die Entkohlung durch erneuerte Zuführung von Kohlenstoff verzögern sollen, werden am häufigsten gleichzeitig kohlenstoff- und stickstoffhaltige Substanzen (Cyankalium, Blutlaugensalz, Horn, Klauen, Blut und andere thierische Abfälle) benutzt, obwohl der Frischprozeß dadurch nicht wesentlich beeinflusst wird. Die Wirksamkeit von Kohlenstaub und Kohlenwasserstoffen ist bereits Seite 218 erläutert. ✓

Fünfundzwanzigster Abschnitt.

Zängen und Dichten.

Die Apparate, unter welchen die Deule oder Luppen der Heerdfrisch- und Puddelarbeit von Schlacke befreit oder gezängt werden, sind Hämmer, Quetschen und Walzen. Zum Dichten der vom Bessemern oder der Erzstahlbereitung herrührenden Gußblöcke (Eingüsse) bedient man sich nur der Hämmer und Walzen.

Von diesen drei Arten der Zänge- und Dichtungsapparate werden die Quetschen, mit Ausnahme der hydraulischen Quetsche oder des Prefshammers, allein zum Zängen gebraucht, die Hämmer und Walzen dagegen auch zum Schweißen und Formgeben benutzt. Da die Walzen, auch wenn sie zum Zängen dienen, gewöhnlich nur die Arbeit der Hämmer und Quetschen

zu vollenden haben, also nach diesen angewendet werden und dann gleichzeitig zum Formgeben dienen, so sollen sie gemeinschaftlich mit den allein zum Schweißen und Formgeben gebrauchten Walzen später behandelt werden, wogegen auch diejenigen Hammerarten, welche vorwiegend zum Formgeben benutzt zu werden pflegen, mit den Zängehämmern vereinigt aufgeführt sind.

Zum Zängen und Dichten benutzt man der Regel nach die Wärme, welche den Luppen oder Gufsstücken vom Frischprozeß her innewohnt und welche genügt, um die Schlacke während der Operation hinreichend flüssig zu halten und die Eisentheilchen zusammen zu schweißen.

Die beim Zängen ausfließende Schlacke ist ein sehr eisenoxyd-oxydulreiches Silikat, welches Stockschlacke oder Schwahl (Schwall) genannt wird.

Die Deule des Heerdfrischens werden beim Zängen aus ihrer ungefähr kugelförmigen Gestalt in die eines flachen Kuchens übergeführt, welcher durch das Setzeisen sofort in einzelne kolbenförmige Stücke (Schirbeln, Schürbeln *) zerschroten wird. — Die Puddelluppen werden in parallelepipedische Stücke (Kolben), deren Querschnitt dem ersten Kaliber der Luppenwalze entspricht, oder in flache Kuchen (Brammen) übergeführt, ohne einer Zertheilung zu unterliegen. — Bessemergüssen giebt man beim Dichtehämmern den für das Walzwerk, in welches sie gehen sollen, passenden Querschnitt.

Hämmer. **)

Hammer nennt man einen schweren Körper, welcher durch eine Kraftmaschine gehoben wird und auf das zu bearbeitende Eisen niederfällt. Das letztere ruht auf einer festen Unterlage, welche den Namen Ambos führt.

Ist der Hammer an einem Stile befestigt, welcher sich um eine horizontale Axe dreht, so heißt er Stilhammer, fällt er vertikal in einer feststehenden Führung nieder, so heißt er Rahmenhammer oder Ramme.

Je größer das zu bearbeitende Eisenstück, je geringer die Hitze desselben und je härter das Eisen ist, um so größer muß die lebendige Kraft des Hammers sein.

Große Luppen erfordern kräftigere Hämmer als kleine; es ist aber auch wünschenswerth, daß in jedem Falle mit der Abnahme der Temperatur die lebendige Kraft vermehrt werden könne, daher ist im Verlauf des Zängens entweder die Hubhöhe zu vergrößern oder eine den freien Fall verstärkende Kraft (z. B. Gegendampf) anzuwenden. — Stahl erfordert kräftigere Hämmer als weiches

*) Vergl. Seite 183.

**) Hauer, Hüttenwesensmaschinen, Seite 153.

Schmiedeeisen. — Am meisten Kraft beansprucht das Dichten, da hier die beim Zängen nachgebende weiche Schlacke fortfällt.

Die Zahl der Hübe ist von der Dauer der Arbeit abhängig, welche das Wenden des Eisenstückes zwischen zwei Schlägen erfordert. Im Uebrigen sollen die Schläge möglichst rasch auf einander folgen, um die Arbeitszeit auf das geringste Maß zu beschränken und die dem Eisenstücke innewohnende Hitze auszunutzen.

Je kleiner das zu bearbeitende Eisenstück ist, um so leichter läßt es sich handhaben und um so schneller kühlt es ab. Ein Stück von geringen Dimensionen erfordert daher schneller schlagende Hämmer, als ein großes.

Stilhämmer.

Jeder Stilhammer besteht aus dem eigentlichen Hammer oder Hammerkopf und dem Stil oder Helm. Der Helm ist mit horizontalen Zapfen verbunden, welche die Drehaxe bilden. Der Hammer wird durch Hebdaumen gehoben, welche an einer horizontalen, rotirenden Welle befestigt sind. Der Ort des Angriffes der Hebdaumen bedingt die verschiedenen Unterarten der Stilhämmer: Aufwerf- und Patschhämmer, Stirnhämmer und Schwanzhämmer.

Fig. 152.

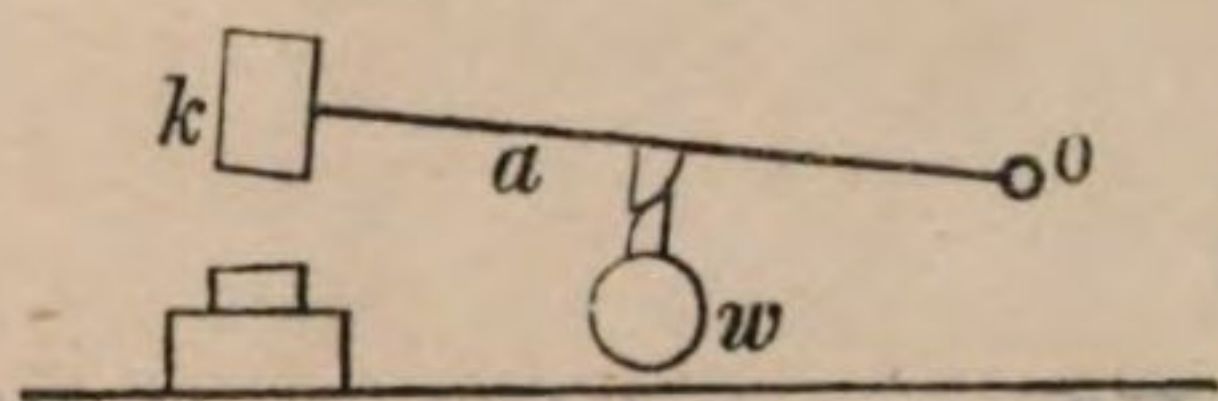


Fig. 153.

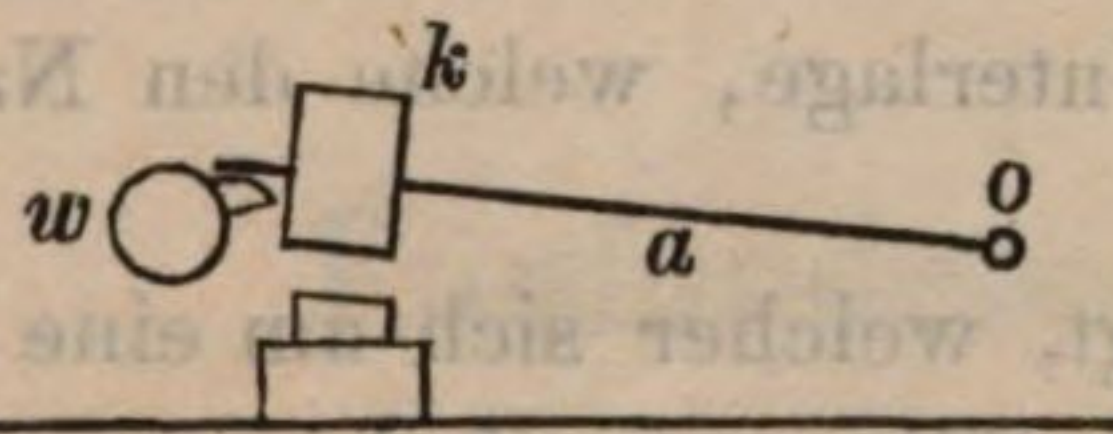
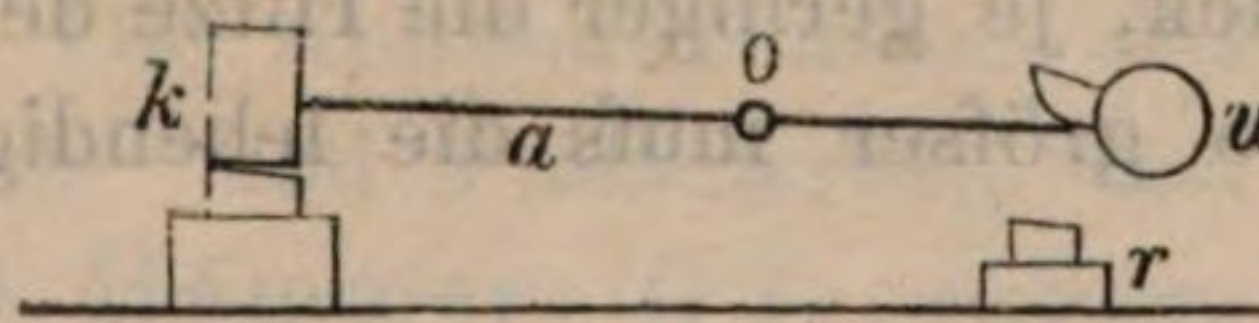


Fig. 154.



Beim Aufwerfhammer und Patschhammer greifen die Hebdaumen (w) am Helme (a) zwischen Hammerkopf (k) und Drehaxe (o) an (Fig. 152); beim Stirnhammer greifen sie vor dem Hammerkopfe (k) (Fig. 153), beim Schwanzhammer hinter der Drehaxe (o) (Fig. 154) an.

Die lebendige Kraft L eines Stilhammers ist $= Gh$, wenn G das gesammte Gewicht, h die Hubhöhe oder vielmehr die Fallhöhe des Schwerpunktes ist. Ist s die Entfernung des Schwerpunktes des ganzen Hammers, r die Entfernung des Schwerpunktes des Hammerkopfes von der Drehaxe o und l die Hubhöhe des Hammerkopfes, so ist $\frac{h}{l} = \frac{s}{r}$.

— Die lebendige Kraft L ist daher auch $= Gl \frac{s}{r}$.

Daher muß bei gleichem Verhältnisse von $\frac{s}{r}$ zur Erzielung derselben lebendigen Kraft ein Hammer mit kleiner Hubhöhe ein großes Gewicht haben und umgekehrt. — Je näher der Gesamt-

schwerpunkt dem des Hammerkopfes liegt, um so kleiner kann das Gewicht G bei gleicher Hubhöhe l sein. — Der Regel nach construirt man daher die schwersten Hämmer als Stirn-, die leichtesten als Schwanzhämmer. — Die Helmlänge beträgt meist 3,7 bis 4,7 Meter.

Um die Schlagdauer zu verkürzen, begränzt man die dem freien Hube entsprechende Fallhöhe durch einen elastischen Körper (die Prellung).

Die Prellung legt man als Reitel über den Helm bei Aufwerfhämmern, seltner bei Patsch-, Stirn- und Schwanzhämmern, oder als Prellklotz unter den Schwanz der letzten.

Die Stilhämmer werden in eisernen oder hölzernen Gerüsten angeordnet, welche die Drehaxe und den Reitel tragen.

Aufwerfhämmer haben eine dem Hammerhelm parallel laufende Betriebswelle. Die Hebedaumen (Ertel) greifen in $\frac{2}{3}$ der Helmlänge von der Drehungsaxe aus an. Die Hubhöhe beträgt 52—65 Centimeter, die Anzahl der Schläge 80—120 per Minute, das Gewicht des Hammerkopfes meistentheils 200—300 Kilogr. Der Wirkungsgrad ist durchschnittlich 0,8.

Als Motor für Aufwerfhämmer dient fast ausnahmslos ein Wasserrad. — Der hölzerne Helm ist durch eine eiserne Hülse gesteckt, welche die Drehzapfen trägt. Letztere ruhen in den Büchsen säulen. Der Reitel wird in den Hinter- und Reitelsäulen befestigt. — Der Hammerkopf ist meist aus Schmiedeisen hergestellt, mit verästelter Bahn versehen; seltner besteht er ganz aus Stahl. Er wird mit dem Auge auf den Helm gekeilt.

Patschhämmer oder Brusthämmer sind ganz aus Gufseisen, von geringer Hubhöhe (ca. 30—50 Centim.), 300—700 Kil. Gewicht und machen nur 70—80 Schläge in der Minute. Die Hebedaumen greifen sehr nahe am Hammerkopfe an. Der Wirkungsgrad ist ebenfalls 0,8.

Die Daumenwelle liegt meist rechtwinklig zum Helme. Diese Hämmer entbehren des Reitels und brauchen daher nur Büchsen säulen. Zuweilen bedient man sich zu ihrem Betriebe des Dampfes und läßt die Kolbenstange des stehenden Dampfzylinders direkt an dem Helme angreifen.

Stirnhämmer sind theils mit hölzernem Helme versehen, theils wie die Patschhämmer ganz aus Gufseisen. Die Betriebswelle liegt gewöhnlich rechtwinklig zum Helme, welcher nur wenig über den Kopf hinaus verlängert ist. Die Hubhöhe beträgt 60—100 Centim., die Anzahl der Schläge 40—60 per Minute, das Gewicht 700—1200 Kilogr.

Ein Reitel wird selten angebracht. Als Motor der Betriebswelle dient meist ein Wasserrad, seltner eine Dampfmaschine.

Schwanzhämmer haben eine zu dem Helme rechtwinklig liegende Betriebswelle. Die beiden Hebelarme des Helmes verhalten sich $= 4 : 9$ bis $4 : 12$. Die Hubhöhe beträgt 50 Centim., die Zahl der Schläge 120, das Gewicht des Hammerkopfes 200—320 Kilogr.; letzteres steigt indessen auch bis zu 500, ja 750 Kil.

Werden Schwanzhämmer nur zum Schmieden benutzt (Reckhämmer oder Streckhämmer), so verringert man die Hubhöhe auf 30 Centim., das Gewicht auf 75—150 Kilogr., erhöht dagegen die Zahl der Schläge auf 200 in der Minute. — Als Motor dient meist ein Wasserrad, indessen kommen auch Turbinen und Dampfmaschinen zur Anwendung.

Die Stilhämmer, welche zum Zängen benutzt werden, bedürfen durchschnittlich einer Betriebskraft von 16—18 Pferdek.

Man findet sie indessen vielfach noch in den Gränzen von 12 und 24 Pferdek.

Die Stilhämmer finden vorzüglich bei der Heerdfrischerei, seltner beim Puddeln Anwendung und werden in beiden Fällen zum Zängen, beim Heerdfrischen auch noch zum Ausschmieden der Schirbeln in Stäbe benutzt. Zum Dichten dienen zuweilen die mit Dampf betriebenen Aufwerfhämmer.

Die Zugänglichkeit für die Arbeiter ist bei dem Schwanzhammer am größten, beim Stirnhammer am geringsten; Patsch- und Aufwerfhammer liegen in der Mitte.

Von der Zugänglichkeit hängt nicht unwesentlich die Zeit der Arbeit ab. — Im Durchschnitt erfordert das Zängen einer Heerdfrischluppe 30—35, das einer Puddelluppe 10—15 Minuten.

Die Veränderlichkeit in der Zahl der Schläge läßt sich leicht durch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Daumenwelle reguliren. Die Veränderlichkeit in der Stärke der Schläge ist dagegen sehr gering und wird ebenfalls durch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Daumenwelle, mit welcher die Hubhöhe in engen Gränzen zunehmen kann, bedingt.

Rammen oder Rahmenhämmer.

Bei den Rammen fällt der Hammerkopf, welcher hier Fallblock genannt wird, senkrecht nieder. Das Heben geschieht entweder durch feste Maschinentheile (Hebedaumen, Kurbeln, Friktionsscheiben), durch Luft oder durch Dampf.

Sowohl die Rammen, bei welchen das Heben des Fallblockes durch feste Maschinentheile geschieht, als auch diejenigen, bei denen komprimirte Luft angewendet wird (pneumatische Hämmer)

kommen zum Zängen und Dichten gar nicht, zum Ausschmieden nur selten in Anwendung; dagegen dienen die Dampfhämmer allen drei Zwecken.

Die lebendige Kraft des auf das Eisenstück fallenden Hammers ist $= Gh$, wenn G das Hammergewicht, h die Fallhöhe bedeutet.

Da die lebendige Kraft für Stilhämmer $= Gh \frac{s}{r}$ *) ist, so sind die Schläge einer Ramme bei gleichem Gewichte kräftiger.

Bei den Daumenhämmern ist der Fallblock an einem Stempel befestigt, welcher einen Vorsprung trägt. Unter den letzteren greifen die Daumen einer rotirenden Welle. Zur Prellung **) dienen Gummikissen oder Federn, welche am Hammergerüste über dem Stempel angebracht sind. Die Bewegung wird durch Riemenscheiben vom Motor aus auf die Daumenwelle übertragen.

Die Kurbelhämmer werden vermittelt einer Kurbel angehoben, welche nach Erreichung des höchsten Punktes außer Angriff kommt und den Hammerblock frei fallen läßt. Als Prellung dient meist ein Luftkissen, welches in einem mit Einlaßventile versehenen Cylinder durch den am obersten Theile des Hammerstempels befindlichen Kolben gebildet wird.

Friktionshämmer werden durch die Reibung zweier Rollen gehoben, zwischen welche der Stempel des Hammers eingeklemmt wird. Nach Erreichung des höchsten Hubes wird die Klemmung durch Entfernung der Rollen von einander aufgehoben. Als Prellung dienen Federn oder Luftkissen.

Bei den pneumatischen Hämmern ist der Fallblock durch eine Kolbenstange mit einem Kolben verbunden, welcher sich winddicht in einem auf dem Hammergerüste befestigten Cylinder bewegt. Der Hub des Hammers erfolgt entweder durch Einblasen comprimierter Luft unter den Kolben oder durch Aussaugen der Luft über dem Kolben. Letzteres kann durch einen von einer Kurbel bewegten zweiten Kolben in demselben Cylinder geschehen. ***) Der freie Fall kann beschleunigt werden durch Compression der Luft über dem Kolben während des Niederganges.

Daumenhämmer und Kurbelhämmer gestatten nur einen kleinen Hub und finden daher beim Schmieden von Gegenständen geringer Dimensionen Anwendung; Friktionshämmer und pneumatische Hämmer haben einen unbeschränkten Hub, lassen sich mit Vortheil aber nur in den Gränzen sehr geringer Gewichte herstellen und werden daher ebenfalls

*) Vergl. Seite 224.

**) Vergl. Seite 225.

***) Vergl. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen 1867, Seite 220.

nur zum Ausschmieden schwacher Eisenstücke benutzt. Der Vortheil aller dieser Hammerarten beruht lediglich darin, daß die auf- und abgehende Bewegung des Fallblockes ohne Schwierigkeit von einer rotirenden Transmissionswelle abgezweigt werden kann. Die Intensität des Schlages kann bei Daumen-, Kurbel- und Friktionshämmern nur durch die Hubhöhe, bei pneumatischen Hämmern durch größere oder geringere Compression, beziehungsweise Verdünnung der Luft verändert werden. Aus diesem Grunde ist die letzte Art allgemeiner anwendbar, als die vorhergehenden.

Dampfhämmer finden im Eisenhüttenwesen ebenso zum Zängen der Puddelluppen und zum Dichten der Stahlgüsse, als zum Schmieden die allgemeinste Anwendung. Der Dampfhammer theilt mit dem pneumatischen Hammer den Vorzug vor den andern Hämmern, den Stoß beim Anhub zu vermeiden und eine feste Transmission zwischen sich und der Kraftmaschine entbehrlich zu machen; er übertrifft den pneumatischen Hammer aber noch dadurch, daß die Expansionskraft des Dampfes direkt zur Anwendung kommt und eine Luftpumpe daher überflüssig wird. Keine andere Hammerart gestattet eine so leicht zu handhabende Regulirung der Zahl und Stärke der Schläge.

Der Fallblock ist entweder durch eine Kolbenstange unmittelbar mit dem Dampfkolben verbunden, während der Dampfeylinder fest steht (Nasmyth), oder der Fallblock ist mit dem Dampfeylinder verbunden, während der Kolben sammt Kolbenstange unveränderlich ist (Condie).

Der Fallblock wird durch Leitungen geführt, welche an dem aus zwei, seltner aus nur einem eisernen Ständer gebildeten Hammergerüste befestigt sind.

Fig. 155.

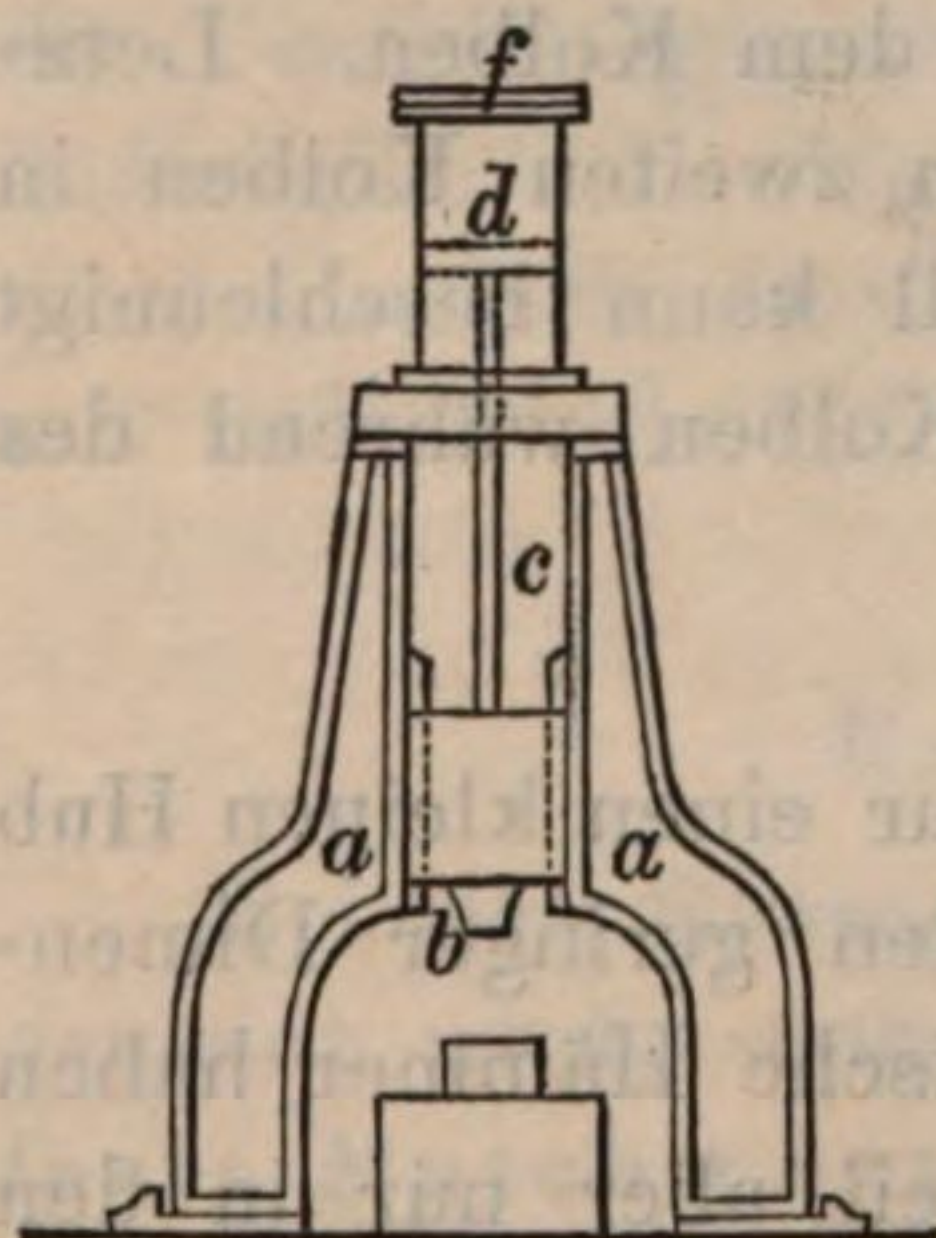
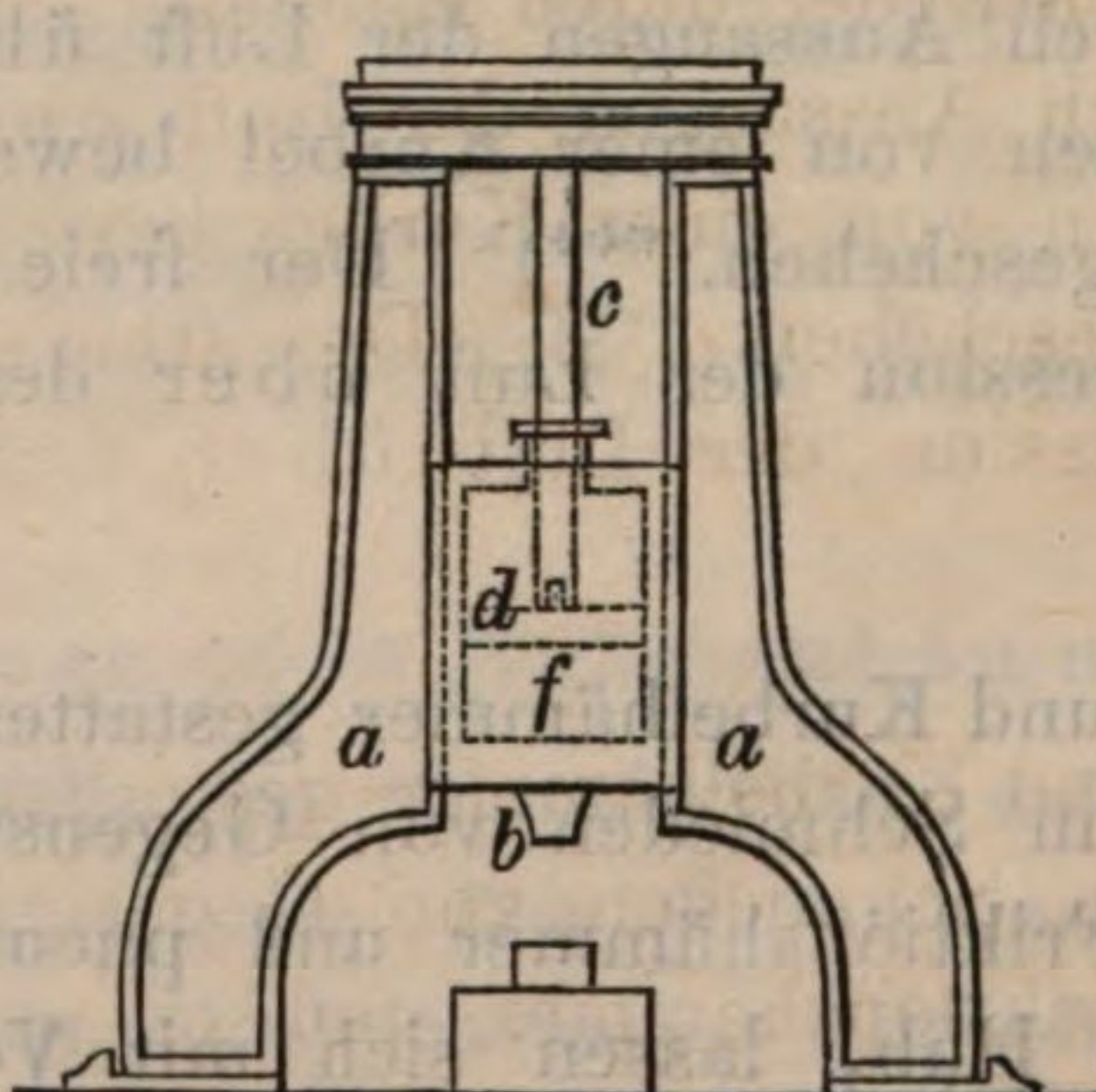


Fig. 156.



In Fig. 155 ist die Nasmyth'sche, in Fig. 156 die Condie'sche Konstruktion dargestellt. *aa* ist in beiden Fällen das aus zwei Ständern gebildete, mit den Führungen versehene Hammergerüst; *b* ist

der mit Hammerbahn versehene Fallblock, welcher in Fig. 155 mit der Kolbenstange *c* und dem Kolben *d* fest verbunden ist, während der Cylinder *f* fest auf dem Gerüste *aa* steht. In Fig. 156 ist der

Fallblock *b* mit dem Dampfzylinder *f* zu einem Stücke verbunden, während die hohle Kolbenstange *c* mit dem Kolben *d* fest am Hammergerüst *aa* sitzt.

Die Nasmyth'sche Konstruktion findet häufiger Anwendung, als die Condie'sche, weil sie eine leichtere Anordnung der Dampfsteuerung gestattet, als die letztere, bei welcher der Dampf durch die Kolbenstange in den Cylinder gelangen muß.

Der Hebedampf tritt bei Fig. 155 unter, bei Fig. 156 über den Kolben.

Die meisten Dampfhammer, welche zum Zängen und zum Schmieden von Gegenständen schwächerer Dimensionen dienen, arbeiten nur mit Hebedampf und der Fallblock fällt lediglich durch sein eignes Gewicht nieder. Die Stärke des Schlages wird dann durch die Hubhöhe geregelt.

Für kräftigere Schläge, namentlich behufs Dichtung des Stahls, beschleunigt man den Niedergang des Fallblockes durch Gegendampf (Druckdampf).

Der Gegendampf ist bei Nasmyth's Konstruktion Ober-, bei Condie's Konstruktion Unterdampf.

Durch Einführung eines Theils des abgehenden Dampfes als Gegendampf stellt man ein Dampfkissen her, welches als Prellung dient.

Hat die Kolbenstange einen verhältnismässig großen Durchmesser (Daelen, Türck, Farcot), so kann in Folge der Verschiedenheit in der Grösse der Druckflächen der Hebedampfraum beständig gespannten Dampf enthalten und die Bewegung des Hammers durch Zu- und Ableitung von Gegendampf bestimmt werden.

Dicke Kolbenstangen geben dem Hammer grössere Stabilität, sind aber schwieriger zu lidern, als dünne. Dicke Kolbenstangen erhalten $\frac{1}{2} - \frac{5}{8}$ des Cylinderdurchmessers, dünne $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$.

Der Regel nach arbeiten die Dampfhammer mit Expansion des Hebedampfes, viele auch mit Expansion des Druckdampfes.

Die Absperrung des Hebedampfes erfolgt meist bei $\frac{2}{5} - \frac{3}{5}$ des Hubes.

Bei gleicher lebendiger Kraft muß das Gewicht des Hammers grösser sein zum Zwecke des Dichtens als zum Zwecke des Zängens, grösser auch für Stahl als für Eisen.

Die Vergrößerung der Hubhöhe oder die Vermehrung der Schlagkraft durch Gegendampf allein begünstigt die Fortpflanzung der Erschütterung in das Innere des zu bearbeitenden Eisenstückes nicht in dem Masse, als die Vermehrung des Fallblockgewichtes.

Die Steuerung der Dampfhammer geschieht entweder durch Hand oder selbstthätig.

Die Handsteuerung zieht man für das Zängen und Dichten, die selbstthätige für das Schmieden vor, weil im ersteren Falle die Art des Schlages vielfach wechseln muß, während sie im andern Falle ziemlich gleich bleiben kann.

Wird beim Zängen und Dichten eine selbstthätige Steuerung angewendet, so sollte sich dieselbe in jedem Augenblicke in eine Handsteuerung umwandeln lassen. — Beim Schmieden von solchen Stücken, welche schwer zu handhaben sind, bedarf man der Handsteuerung, um die Zeit zwischen je zwei Schlägen stets ändern zu können.

Die Dampfhämmer zum Zängen der Luppen erhalten 1000—2500 Kil. Fallgewicht und 2 — 2,5 Meter Hubhöhe. Dichthämmer macht man 5000 bis 15000 Kil., ja selbst bis zu 50000 Kil. schwer und giebt ihnen Hubhöhen bis zu 3 Meter. Schmiedehämmer erhalten je nach dem besonderen Zwecke sehr verschiedene Fallgewichte, welche mit etwa 150 Kil. beginnen.

Die Hubhöhe pflegt man durchschnittlich zu $0,026 \sqrt{G}$ Meter zu nehmen, wenn G das Fallgewicht in Kilogr. ausgedrückt bedeutet.

Die Maximalzahl der Hübe pro Minute pflegt bei Zänge- und Dicht-hämmern 200 nicht zu übersteigen, bei Schnellhämmern bedarf man dagegen bis 400, wogegen sehr schwere Schmiedehämmer nicht über 60 zu machen brauchen.

Der Ambos.

Der Ambos ist die Unterlage, auf welcher das Eisenstück bearbeitet wird; er darf daher dem Schlage des Hammers nicht ausweichen.

Je größer die lebendige Kraft des auffallenden Hammers ist, um so größer muß das Trägheitsmoment des Ambosses, d. h., um so schwerer muß derselbe sein.

Die Schlagfläche (Bahn) des Ambosses soll der Regel nach der auf das Eisenstück schlagenden Hammerbahn parallel liegen. Sie muß sich daher leicht in eine genaue Lage richten lassen. Deshalb trennt man den eigentlichen aus Stahl oder gehärtetem Gufseisen bestehenden Ambos von seiner gewichtigen Unterlage, der Schabotte (Chabotte, Chabatte, Chavatte), welche meist aus einem einzigen Stücke Gufseisen besteht und ihrerseits wieder auf dem tief in das Erdreich eindringenden Hammerstocke ruht.

Bei Stilhämmern legt man die Ambosbahn in einen geringen Winkel mit der Hammerbahn, um die in Folge der Bewegung des Hammers in einem Kreisbogen entstehende Keilwirkung auf ein mittleres Maß zurückzuführen. — Der Ambos wird in einer Einsenkung der Schabotte festgekeilt.

Ambos, Schabotte und Hammerstock müssen für kleine Reckhämmer das 2fache, für kleine Zängehämmer das 5-, für grössere das 8fache der lebendigen Kraft (Gh) an Gewicht haben, wenn der Boden aus lockeren (namentlich Sand-) Schichten besteht. Ist der Boden dagegen fester Stein, so muß bei schweren Hämmern das Gewicht auf das 15fache gesteigert werden.

Man pflegt um sicher zu gehen, namentlich um umliegende Baulichkeiten vor Beschädigungen zu schützen, für grössere Hämmer bei Sandboden der Schabotte das 10fache, bei Steinboden das 20 bis 25fache des Fallgewichtes zu geben. — Die Erschütterungen pflanzen sich wellenförmig im Erdboden fort; ihre Ausdehnung kann durch Anordnung eines, das ganze Fundament umgebenden hohlen Raumes, den man aus Spundwänden bildet, wesentlich vermindert werden.

Die rückwirkende Festigkeit des Hammerstockes muß hinreichend groß sein, um ihn vor Zertrümmerung zu schützen.

Der Versuch ganz aus Stein oder Cement gemauerte Hammerstöcke anzuwenden, ist in Folge des Mangels hinreichender rückwirkender Festigkeit derselben mißlungen, selbst wenn durch Anlage eiserner Mäntel ein Ausweichen nach der Seite verhütet wurde.

Für ganz leichte Reckhämmer wendet man falsartig aus Dauben zusammengesetzte und mit Sand gefüllte Hammerstöcke an.

Für mittlere Hämmer legt man die Schabotte auf die Hirnseite von Stämmen aus hartem Holze.

Derartige Hammerstöcke, welche namentlich bei Stilhämmern zur Anwendung kommen, erhalten einen Durchmesser von ca. 1 Meter und eine Länge von 2,5 — 3 Meter.

Für grössere Hämmer, namentlich für Zänge-Dampfhämmer wird auf dem gewachsenen Boden oder einem festen, gemauerten oder Pfahlrost-Fundamente eine Schicht aufrecht stehender Hölzer angebracht und auf diese die Schabotte gestellt.

Für die schwersten Hämmer muß der Hammerstock mit größter Sorgfalt ausgeführt werden; man läßt ihn aus abwechselnden Schichten von Gußeisen und Holzwerk bestehen.

Der gänzliche Ausschluss von Holzwerk hat sich nirgends bewährt, jedoch läßt sich bei festem Boden mit einer einzigen unter der Schabotte liegenden Schwellenschicht auskommen. Eine Sandschicht, welche auf den Seiten nicht ausweichen kann, ersetzt in engen Gränzen das Holz.

Bei leichten Hämmern kann man den Hammerstock mit dem Fundamente des Hammergerüstes verbinden.

Diese Konstruktion bewirkt, daß sich beim Senken der Fundamente die Hubhöhe nicht ändert, aber sie überträgt die Erschütterungen des Ambosses auf den ganzen Hammer und bringt bei einer schiefen Senkung schwer auszugleichende Mängel hervor.

Bei schweren Hämmern muß der Hammerstock vom Fundamente des Hammergerüsts getrennt sein.

Diese Konstruktion ist für große Hämmer, bei welchen die Gerüstständer oft sehr weit auseinander stehen müssen (z. B. Kanonenschmiedehämmer) leichter ausführbar, als bei mittleren Hämmern. Bei letzteren führt man gewöhnlich den Hammerstock getrennt bis zu einer Tiefe von 2—3 Metern nieder, wo er dann mit einer Holzschwellenschicht auf dem gemeinschaftlichen Fundamente ruht.

Durch Anordnung zweier horizontaler, gleichzeitig gegen das zu bearbeitende Eisenstück schlagender Hämmer hat man die Anlage eines Ambosses sammt Zubehör ganz zu umgehen versucht (Ramsbottom).

Abgesehen von dem Mangel, den diese Hämmer in sofern haben, als sie die durch den freien Fall zunehmende lebendige Kraft nicht ausnutzen, ist die Schwierigkeit, ein gleichzeitiges Anschlagen beider Theile zu veranlassen, so groß, daß die Anwendung nur auf wenige besondere Zwecke, z. B. Dichthämmern von Bessemergüssen beschränkt geblieben ist.

Das Zängen unter dem Hammer.

Die Luppen werden zu dem Hammer mit Zangen geschleift oder auf eisernen Wagen gefahren. Bei der Bearbeitung erhalten sie die nöthige Lage unter Anwendung einer Zange. Zuerst wird die Luppe von allen Seiten bearbeitet, um die Schlacke möglichst vollständig auszupressen und die Eisenkrystalle an einander zu schweißen; sodann wird der Luppe mit kräftigen Schlägen die gewünschte Form gegeben.

Beim Heerdfrischen ist dies gewöhnlich die Gestalt eines flachen Kuchens, beim Puddeln die eines parallelepipedischen Kolbens. Der letztere wird, nachdem er seine Form auf den vier Längsseiten erhalten hat, aufrecht gehämmert (gestaucht). Brammen*) müssen auf zwei Kanten gestaucht werden.

Die Arbeiter müssen beim Zängen vor Beschädigungen durch die ausspritzende Schlacke geschützt sein.

Dies gilt namentlich für die schlackenreicheren Puddelluppen. Die Augen werden durch Brillen, besser aber durch feine Drathgaze, die Hände und Füße durch starke lederne oder eisenbeschlagene Handschuhe und Stiefeln gedeckt.

*) Vergl. Seite 223.

Bei dem Zängen treten aus der Luppe zahlreiche blaue Flämmchen aus, welche in Kohlenoxyd bestehen und den Beweis einer fortschreitenden Entkohlung während des Prozesses liefern.

Die Qualität des Eisens giebt sich beim Zängen bereits deutlich kund. Der Klang der Schläge ist um so tönender, je kohlenstoffreicher das Eisen ist. Rothbrüchiges und faulbrüchiges Eisen *) zerfällt. Dasselbe Schicksal theilt ein nicht gar gepuddeltes (zu rohes) Eisen.

Durch Mälsigung der Schläge kann mancher Mangel des Eisens verdeckt werden; deshalb darf man den Hammerschmied nicht in das Gedinge des Puddlers aufnehmen.

Quetschen. **)

Während die Hämmer durch Schlag wirken, arbeiten die Quetschen mit allmählig zunehmendem Drucke.

Die Quetschen bestehen entweder aus einem doppelarmigen Hebel, welcher das Eisen gegen eine feste Unterlage drückt (Luppenquetschen, Luppenpressen), oder aus einem hydraulischen Kolben, welcher in derselben Weise wirkt (Prefshämmer), oder endlich aus einem oder mehreren rotirenden Körpern, welche die Luppe in einen sich stetig verengenden Raum ziehen (Luppenmühlen).

Die Luppenquetschen und die Luppenmühlen werden nur zum Zängen, die Prefshämmer dagegen vorwiegend zur Formgebung benutzt. — Die Luppenmühlen mit rotirenden Körpern bilden den Uebergang zu den Walzwerken. Sie unterscheiden sich von letzteren wesentlich dadurch, daß der Raum, durch den die Luppe geht, nur von zwei, nicht von allen Seiten begrenzt ist.

Der doppelarmige Hebel der Luppenquetschen ist meist aus Gufseisen, seltner aus Schmiedeisen hergestellt und an dem pressenden Theile mit einer leicht auszuwechselnden gefurchten Platte aus Stahl oder Hartguß versehen. Der Hebel liegt mit zwei Zapfen in Lagern, welche auf der auch den Ambos tragenden Sohlplatte ruhen. Die auf- und abgehende Bewegung erhält die Quetsche durch Excentrik oder Kurbel, selten unmittelbar durch die Kolbenstange des Motors. Die Unterlage ist mit zwei Stufen versehen, um die in Kolbenform gebrachte Luppe stauchen zu können.

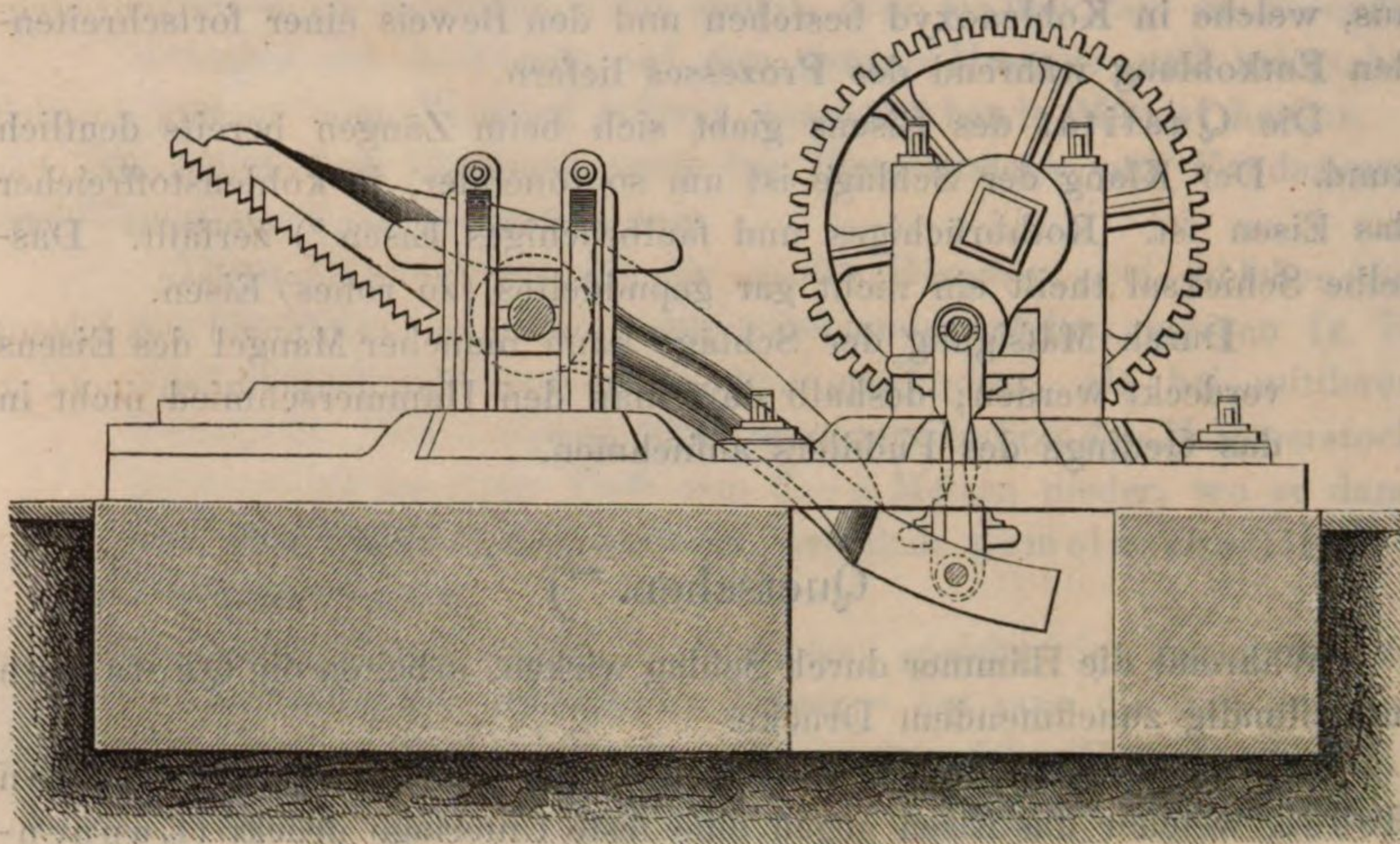
Die Form der Luppenquetschen hat ihnen den Namen von Alligatoren oder Krokodilen eingebracht. — Zuweilen werden beide Hebelarme als wirksame Theile benutzt.

Fig. 157 auf Seite 234 zeigt einen Alligator, welcher durch einen Kurbelzapfen seine auf- und abgehende Bewegung erhält.

*) Vergl. Seite 8 und 9.

**) Hauer, Hüttenwesensmaschinen Seite 231.

Fig. 157.



Die Zahl der Hübe ist durchschnittlich 40—50 und überschreitet selten 60—80 pro Minute. Eine 10—16 Puddelöfen bedienende Quetsche erfordert 8—10 Pferdektr.

Die Luppenquetschen wirken beim Zängen weit unvollkommener als die Hämmer, obwohl sie mehr als letztere gestatten, ein schlechtes Eisen ganz zu erhalten.

Die Presshämmer *) tragen auf einem eisernen Gerüste einen hydraulischen Cylinder, welcher mit dem Ambos durch Streben unverrückbar fest verbunden ist. Durch eine kräftige doppelwirkende Pumpe wird bei der Pressung über den in dem Cylinder beweglichen Kolben, welcher an einer durch eine Stopfbüchse gehenden Stange den Presskolben (Patrizengesenk) trägt, Wasser gedrückt, während der Rückgang durch Einführung von Wasser unter den Kolben erfolgt.

Die Anordnung ist der Regel nach derart, daß ein liegender Dampfzylinder, an dessen Kolbenstange jederseits eine Pumpe angeschlossen ist, sich unmittelbar hinter der Presse befindet. — Zur Beschleunigung des Kolbenniederganges bis zur Berührung mit dem Eisenstücke und des Kolbenrückganges bedient man sich häufig einer besonderen Zuleitung von schwach gepresstem Druckwasser, welches aus einem hochgelegenen Sammelkasten oder aus einem Accumulator entnommen wird, oder ordnet einen besonderen Kolben von geringerem Durchmesser an.

*) Oesterr. Berg- und Hüttenm. Jahrbuch 1863, Seite 180.

Prefshämmer werden vorzüglich zur Herstellung von Eisenstücken von bestimmter Form aus bereits durch Schweissung und Hämmern vorbereiteten Eisenstücken (z. B. zur Herstellung von Lagerböcken, Lokomotivtheilen u. s. w.) verwendet.

In solchen Fällen pflegt Prefskolben und Ambos die Form des zu pressenden Eisenstückes zu haben. Man nennt die Arbeit das Gesenkpresse, Modellpressen oder Façonpressen.

Luppenmühlen bestehen aus einer rotirenden gerieften Walze, welche von einem gleichfalls gerieften excentrischen Mantel umgeben ist.

In Fig. 158 ist eine Luppenmühle dargestellt. Der geriefte Cylinder *b* rotirt um eine vertikale Axe; der excentrische Mantel *a*, welcher aus zwei Hälften besteht, ist an der Sohlplatte befestigt. Die Luppe wird bei *c* eingeführt und tritt bei *d* aus.

Der Raum *cd* ist von einer festen oder durchbrochenen

Platte überdeckt, um das Ausweichen des Eisens nach oben zu verhindern (zu stauchen).

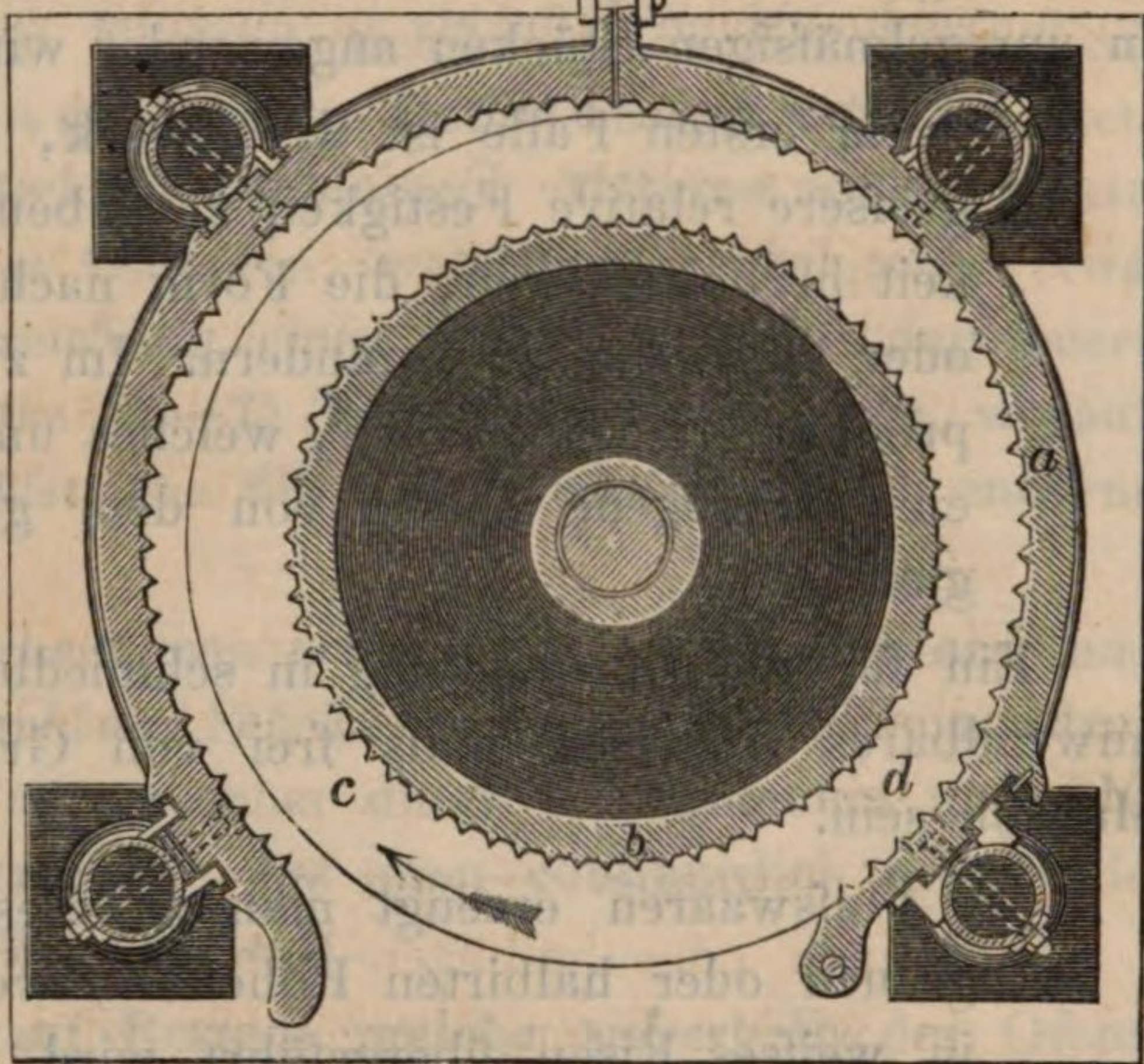
Seltner werden horizontale Luppenmühlen, von übrigens gleicher Konstruktion benutzt.

Viel zu complicirt für die Praxis ist die Brown'sche Luppenmühle, bei welcher drei excentrische Walzen während ihrer Umdrehung in gleichem Sinne den Raum zwischen ihren Mänteln beständig verkleinern und so die Luppe zusammenpressen.

Die Luppenmühlen werden nur zum Zängen von Puddelluppen benutzt. Sie theilen die Nachtheile der Quetschen in Bezug auf die Schwierigkeit, die Qualität des bearbeiteten Eisens zu beurtheilen, treten außerdem gegen diese dadurch zurück, daß das gehende Zeug leicht durch die ausgepresste Schlacke verunreinigt und beschädigt wird, haben aber den Vorzug weniger Handarbeit zu beanspruchen.

Eine Luppenmühle bedient 12—16, doch auch über 20 Puddelöfen und bedarf eines Kraftaufwandes von 10—12 Pferdekraft.

Fig. 158.



Sechszwanzigster Abschnitt.

6. Darstellung schmiedbaren Gufseisens.

Das Produkt einer theilweisen Entkohlung des Roheisens im glühenden, aber ungeschmolzenen Zustande, nennt man schmiedbares oder hämmerbares Gufseisen*), wenn das Roheisen bereits die fertige Gestalt einer Gufswaare hat, Glühstahl, wenn das Roheisen in unregelmäßigen Stücken angewendet wird.

Im ersten Falle ist der Zweck, einer spröden Gufswaare eine größere relative Festigkeit zu geben, zuweilen auch die Möglichkeit herbeizuführen, die Form nachträglich durch Hämmern ganz oder theilweise zu verändern. Im zweiten Falle soll ein Zwischenprodukt erzeugt werden, welches umgeschmolzen oder geschweisst eine homogene Masse von dem gewünschten Kohlenstoffgehalte giebt.

Ein für die Umwandlung in schmiedbares Gufseisen oder Glühstahl anwendbares Roheisen muß frei von Graphit und möglichst frei von Mangan sein.

Gufswaaren erzeugt man zu diesem Zwecke aus einem lichtgrauen oder halbirten Roheisen, welches beim Gusse vollständig in weißes Eisen übergeführt wird. Ganz weißes Eisen füllt die Formen zu schlecht aus.**)

Gufswaaren werden mit Rotheisenstein, seltner Magneteisenstein, Braunstein oder Zinkoxyd umgeben, in gufseiserne Kästen gepackt und in gemauerten Kammern geglüht; Roheisen, welches in Glühstahl verwandelt werden soll, wird dagegen locker in Quarzsand gehüllt und in gemauerten Kästen unter Luftzutritt erhitzt, wobei sich erst auf der Oberfläche das Oxydoxydul bildet, welches wie der Erzzuschlag bei der Umwandlung der Gufswaaren wirkt.

Gelinde und lange andauernde Wärme ist günstiger als starke und kurz dauernde Hitze. — Statt der Einwirkung der Luft zur Bildung von Stahl, hat man auch Wasserdampf oder Kohlensäure benutzt. Der hohe Aufwand von Brennmaterial im ersten Falle, die äußerst langsame Einwirkung im letzten Falle sprechen gegen diese Methoden.

*) Vergl. Seite 159. **) Vergl. Seite 146.

Der chemische Vorgang besteht in einer von aussen nach innen fortschreitenden Entkohlung des Roheisens. — Graphit wird gar nicht verändert; Mangan verzögert oder verhindert die Entkohlung. Bei zu hoher Temperatur oxydirt sich Silicium und es bildet sich eine flüssige Schlacke.

Graphithaltiges Gufseisen giebt brüchige Produkte. — Steigt die Temperatur bis zur Bildung einer flüssigen Schlacke, so geht die Dichtigkeit des Gusses verloren.

Mit der chemischen Veränderung ist auch eine mechanische*) verbunden, welche ebenfalls günstig auf die Haltbarkeit der Gufswaaren einwirkt.

Man wendet den Prozeß der Erzeugung schmiedbaren Gusses hauptsächlich für kleine und schwache Gufswaaren an. Die Gufswaaren werden lagenweis in dem eisernen Kasten, welcher einen Kubus von ca. 0,6 Meter Seitenlänge bildet, mit gepulvertem Rotheisenstein aufgeschichtet. Der Kasten wird mit einem Deckel verschlossen. Mehrere so beschickte Kästen kommen dann in einen Glühofen, welcher ganz langsam (etwa 3—4 Tage lang) bis zur Erreichung einer lichten Rothglut angefeuert wird. Die letztere wird mehrere (6—7) Tage hindurch erhalten, worauf man sehr langsam abkühlen läßt, ehe die Kästen aus dem Ofen entfernt werden dürfen.

Das Erz wird in Körnern von etwa 1 Millim. Durchmesser angewendet. Staub und grössere Stücke werden möglichst vermieden. — Um den Wärmeverlust, welcher durch das Anfeuern und Abkühlen entsteht zu vermeiden, hat man continuirlich arbeitende (ringförmige) Kammeröfen angelegt.

Die Feuerung geschieht auf Rosten, welche ausserhalb des Ofens liegen. Man benutzt Steinkohlen, Braunkohlen oder Torf.

Je stärker die Gufswaare ist, um so ungleichmässiger fällt die Entkohlung aus. — In einem Ofen oder einer Abtheilung desselben dürfen sich stets nur Gufswaaren von annähernd gleicher Stärke befinden. — Thürbeschläge, Gewehrtheile, Geschirrstücke u. s. w. werden namentlich in England vielfach mit Erfolg in dieser Weise hergestellt.

Die Darstellung des Glühstahles, obwohl 1855 durch Tunner von Neuem ins Leben gerufen, steht nicht mehr in praktischer Anwendung.

*) Vergl. Seite 159.

Siebenundzwanzigster Abschnitt.

C. Das Stahl-Kohlen.

Während durch das Frischen dem Roheisen Kohlenstoff entzogen wird, führt die Arbeit des Kohlens dem Schmiedeeisen Kohlenstoff zu.

Das Kohlen kann daher immer nur zum Zwecke der Erzeugung von Stahl (Kohlungsstahl) oder kohlenstoffreicherem Schmiedeeisen benutzt werden, und dem Prozesse muß stets die Darstellung des Schmiedeeisens durch Renn- oder Frischarbeit vorausgehen.

Die Leichtigkeit, mit welcher sich durch die Frischprozesse selbst aus einem unreinen Roheisen ein gutes Schmiedeeisen erzeugen läßt, im Gegensatze zu der Sorgfalt, welche die Darstellung von Stahl auf dieselbe Weise erfordert, hat schon seit langer Zeit zu dem zwar umständlicheren, aber sicheren Wege geführt, zuerst Schmiedeeisen darzustellen und dies wieder durch Vermehrung seines Kohlenstoffgehaltes in Stahl zu verwandeln.

Geschieht die Vermehrung des Kohlenstoffgehaltes durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit Roheisen, so nennt man das Produkt Flussstahl, weil es im flüssigen Zustande erhalten wird. Wird der Kohlenstoffgehalt des Schmiedeeisens durch Zusammenschmelzen desselben mit Kohle vermehrt, so heißt das gleichfalls in einem mehr oder minder flüssigen Zustande erhaltene Produkt Kohlenstahl. Erhält man endlich durch Erhitzung von Schmiedeeisen mit Kohle ohne Schmelzung Stahl, so nennt man diesen Cementstahl.

Die bedeutendste Rolle unter allen Kohlungsarbeiten spielt gegenwärtig die Flussstahldarstellung. Dieselbe liefert ein Produkt, welches für viele Zwecke nach vorausgegangenem Dichten ohne weitere Verfeinerungsarbeiten in die Form von Handelswaare (z. B. Eisenbahnschienen, Radreifen u. s. w.) gebracht werden kann. Die Cementstahlerzeugung war früher, wo sie stets als Vorbereitungsprozeß für die Darstellung umgeschmolzenen oder geschweißten Stahls diente, von größerer Bedeutung als gegenwärtig, wo für die meisten Zwecke Puddel- oder Bessemerstahl den Cementstahl vollkommen ersetzt.

Nur für die feinsten Schneidinstrumente ist bisher Cementstahl als Zwischenmaterial unentbehrlich geblieben (Sheffilder Stahlindustrie).

Die Kohlenstahlerzeugung spielt eine sehr untergeordnete Rolle in Bezug auf Produktionsmengen.

Die Qualität des Produktes hängt bei allen Kohlungsarbeiten in der Art von dem Materiale ab, daß die sämtlichen in dem Schmiedeeisen enthaltenen Verunreinigungen an Silicium, Phosphor, Schwefel etc. unverändert in den erzeugten Stahl übergehen. Bei der Flussstahl-Erzeugung treten hierzu auch noch die Verunreinigungen des mit dem Schmiedeeisen gemischten Roheisens.

Indessen gestattet man grade bei der Flussstahl-Erzeugung der Luft zuweilen einen beschränkten Zutritt und ruft dadurch eine reinigend wirkende Oxydation hervor, durch welche die Entkohlung theilweis wieder rückgängig gemacht und ein erneuter Frischprozeß begonnen wird.

Achtundzwanzigster Abschnitt.

1. Flussstahl-Erzeugung.

Der Flussstahl (Homogen-Eisen) wird im flüssigen Zustande erhalten, demgemäß auch sofort in Formen gegossen und wie der durch den Bessemer-Frischprozeß erhaltene Stahl durch Dichten verbessert, ehe er den Verfeinerungsarbeiten (Schweißen und Umschmelzen) oder den ihn in Handelsprodukt überführenden Formgebungsarbeiten überliefert wird.

Die Verfahrungsweisen zur Herstellung von Flussstahl bestehen entweder in einem Zusammenschmelzen von festem Schmiedeeisen und Roheisen (Tiegel-Flussstahl), oder in einer Mischung von erhitztem, flüssigem oder festem Roheisen mit flüssigem Schmiedeeisen (Bessemer-Flussstahl), oder in einer Lösung von festem Schmiedeeisen in einem Roheisenbade (Flammofen-Flussstahl).

a. Tiegel-Flussstahl.

Das Zusammenschmelzen von festem Schmiedeeisen und Roheisen geschieht in Tiegeln aus Graphit oder feuerfestem Thone, welche in Zugöfen mit Holzkohlen oder Koks erhitzt werden. Das Material wird in kleinen Brocken angewendet, und zwar das Roheisen in Form von Spiegeleisen oder Weißstrahl, das Schmiedeeisen in Form zerschnittener Stäbe.

Das Verfahren ist schon im Anfange des 18ten Jahrhunderts von Réaumur benutzt worden, hatte um Mitte dieses Jahrhunderts einen bedeutenden Aufschwung genommen, ist aber gegenwärtig durch die folgenden Methoden, welche eine grössere und billigere Produktion gestatten, beinahe wieder ganz verdrängt worden. — Die Tiegelfüllung wird durchschnittlich zu ca. 15 bis 20 Kil. genommen. Die Mischung richtet sich nach dem Kohlenstoffgehalte der Materialien und dem des zu erzielenden Produktes. Man giebt auf 100 Kil. Schmiedeisen meist 8, 16, 32 oder 40 Kil. Roheisen. Als Decke wird eine Schlacke durch Zusatz von Braunstein oder alkalischen Salzen gebildet.

Fällt nach der Probe der Stahl etwas zu hart aus, so hilft man sich bei den weiteren Schmelzungen durch Zusatz von Eisenoxyd (Magnet- oder Rotheisenstein), fällt der Stahl etwas zu weich aus, durch Zusatz von Holzkohle und erhält dann Uebergänge zur Erbstahlerzeugung *) einerseits, zur Kohlenstahlerzeugung andererseits. **)

Der Versuch, den Prozeß im offenen Heerde eines Flammofens auszuführen, ist stets mißlungen, weil bei der zum Zusammenschmelzen nöthigen Temperatur eine zu starke Oxydation nicht vermieden werden konnte.

Seitdem die dritte Methode der Flusstahlerzeugung sich mit Erfolg Bahn gebrochen hat, sind weitere Versuche in dieser Richtung entbehrlich geworden.

b. Bessemer-Flusstahl.

Flüssiges Schmiedeisen erhält man nur durch den Bessemer-Frischprozeß***). Die Erzeugung von Flusstahl unter Anwendung des Schmiedeisens im flüssigen Zustande ist daher auch allein im Anschluß an diesen Prozeß möglich. Gegenwärtig wird der größte Theil des Flus-Stahls durch Zufügung von Roheisen unmittelbar nach vollendeter Entkohlung in der Birne hergestellt.

Das Roheisen besteht der Regel nach in Spiegeleisen, seltner in einem diesem nahe stehenden Weißstrahl, ausnahmsweise in grauem Eisen. Es wird im geschmolzenen Zustande, zuweilen auch in festen Stücken, welche rothglühend gemacht worden sind, angewendet.

Das Umschmelzen des Spiegeleisens geschieht meist im Sumpfflammofen, seltner im Cupolofen †), das Glühen desselben in einem Flammofen mit ebener Sand-Sohle.

*) Vergl. Seite 220.

**) Vergl. Seite 238.

***) Vergl. Seite 208 und 209.

†) Vergl. Seite 210.

Sobald die Entkohlung des Materialroheisens durch den Bessemer-Frischprozeß eingetreten ist, kippt man die Birne und leitet das flüssige Zusatzroheisen hinein oder wirft die glühenden Stücke desselben in das Schmiedeisenbad.

Es entwickelt sich hierbei eine starke, ruhig brennende Flamme, welche, wenn der Zusatz in Spiegeleisen besteht, rothgelb ist und rußt. — Das Spektrum derselben zeigt die Erscheinung des Anfangsspektrums nach Entstehung der Natriumlinie und der Gruppen im grünen Felde. *)

Das weitere Verfahren ist je nach der Temperatur, welche das Flussstahlbad besitzt, verschieden. Ist die Temperatur hoch, so gießt man den Inhalt der Birne ohne Zögern in die Gießpfanne **) aus, wobei die Mischung hinreichend vollendet wird. Bei geringer Temperatur mischt man in der Birne selbst durch Aufrichten derselben und Einblasen von Wind während einiger Sekunden.

Die Menge des Zusatzroheisens richtet sich nach dem Kohlenstoffgehalte desselben.

Man wendet zwischen 5 und 12, meist 8—10 $\frac{0}{0}$ des Materialroheisens an Spiegeleisen an.

Das Spiegeleisen wird durch keine andere Eisenart vollständig ersetzt, weshalb man annehmen darf, daß erstens der Gehalt an nur chemisch gebundenem Kohlenstoffe und zweitens der Gehalt an Mangan wesentlich zur Bildung eines guten Flussstahles ist.

Ein Eisen mit Graphitgehalt bedarf zur vollkommenen Mischung mit Schmiedeisen erst des Ueberganges in weißes Eisen und verzögert dadurch den Prozeß. — Ob der Mangangehalt durch den Uebergang in den Stahl dessen Eigenschaften verbessert, ob nur die Eigenthümlichkeit desselben die Ausscheidung von Graphit zu verhindern oder ob die Bildung einer manganhaltigen Schlacke, welche einer etwa von Neuem eintretenden Entkohlung entgegenwirkt, das Spiegeleisen so werthvoll macht, daß es von seinen Erzeugungsorten auf Hunderte von Meilen zu diesem Zwecke versendet wird, ist noch nicht entschieden. — Man hat an Orten, wo der Bezug des Spiegeleisens zu kostspielig ist, versucht, das letztere durch eine kohlenstoffhaltige Legirung von Mangan und Eisen (Eisenmangan mit ca. 70 $\frac{0}{0}$ Mangan und 30 $\frac{0}{0}$ Eisen), welche durch gemeinschaftliche Reduktion von Mangan- und Eisen-Oxyden mittelst Holzkohle in Tiegeln oder in Flammöfen erzeugt wird, zu ersetzen. — Auch hat man, wenngleich ohne günstigen Erfolg versucht, an Stelle des Spiegeleisens kohlende Gasarten, namentlich Kohlenwasserstoffe (Leuchtgas u. s. w.), welche man durch oder über das Eisenbad führte, zu benutzen.

*) Vergl. Seite 217. **) Vergl. Seite 213.

Das Produkt wird wie der Bessemer-Frischstahl aus der Gießpfanne in gusseiserne Formen gegossen; es ist zwar weniger blasig, als jener, bedarf aber doch auch vor der weiteren Verarbeitung des Dichtens. *)

Bezüglich des Gusses selbst und der Einrichtung der Gussformen gelten die Regeln, welche im zweiunddreißigsten Abschnitte beim Gussstahle erörtert werden sollen.

c. Flammofen-Flussstahl. **)

Obwohl der Prozeß, Stahl durch Lösung von Schmiedeisen in einem Bade geschmolzenen Roheisens herzustellen, schon im 16ten Jahrhundert bekannt war, hat derselbe doch erst in den sechziger Jahren dieses Jahrhunderts nach der Benutzung der Flammöfen mit Regeneratorgasfeuerung für diesen Zweck durch Martin allgemeine Anwendung gewonnen.

Man nennt den Prozeß theils Martin'schen Prozeß, theils wegen der Anwendung der Siemens'schen Regeneratoren Siemens'schen Prozeß, auch wohl Siemens-Martin-Prozeß.

Die Möglichkeit, in einem solchen Flammofen ohne Schwierigkeit Stahlabfälle zu verwerthen, hat dem Prozesse namentlich als Ergänzungsarbeit für den Bessemerprozeß eine große Bedeutung gegeben.

Der zu der Flussstahlerzeugung benutzte Flammofen, besteht aus einem überwölbten Heerde von reinem Quarzsande, welcher auf eisernen frei liegenden Platten ruht. Das Material wird auf einer Längsseite durch eine oder mehrere Arbeitsthüren eingesetzt und das Produkt auf der entgegengesetzten Seite abgestochen. Die Regeneratoren liegen unter der Hüttensohle. Der Abstich erfolgt entweder in eine auf Rädern laufende Gießpfanne, oder unmittelbar in die Gießformen, welche auf einem durch die Hand oder eine Maschine bewegten Wagen stehen.

In Fig. 159 bis 161 Seite 243 ist ein Flussstahl-Flammofen dargestellt. Fig. 159 ist ein Längsschnitt nach *op*, Fig. 160 ein Querschnitt nach *mn*, Fig. 161 ein Grundriß nach *qr*. Die Generatoren *LL'* zur Erwärmung der Verbrennungsluft und *GG'* zur Erwärmung des Kohlenoxydgases füllen den ganzen Raum unter dem Ofen. — Besser ist die Anordnung, nach welcher je zwei Regeneratoren neben einander liegen, so daß die Mitte des Ofens frei und daher zugänglich bleibt. — Der Sandheerd *A* wird von gusseisernen Platten gehalten. Das Gewölbe ist in der Mitte etwas abwärts gezogen. Die Arbeitsöffnungen liegen hier sämmtlich auf derselben Seite wie das Stichloch. Besser ist indessen die Anordnung, bei

*) Vergl. Seite 222 und 217. **) Gruner, *l'acier et sa fabrication*; Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen Bd. XVIII. Seite 12.

Fig. 159.

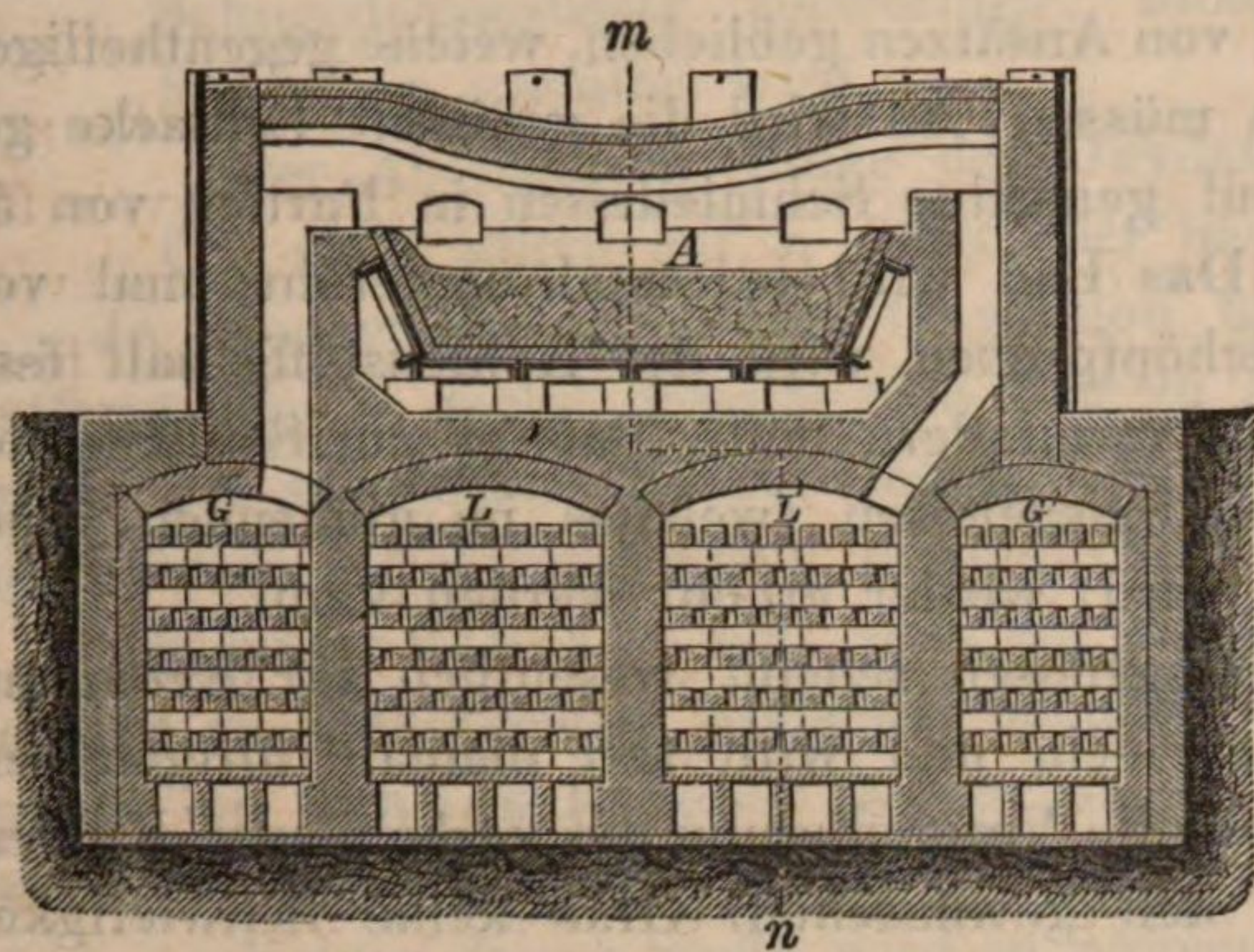


Fig. 160.

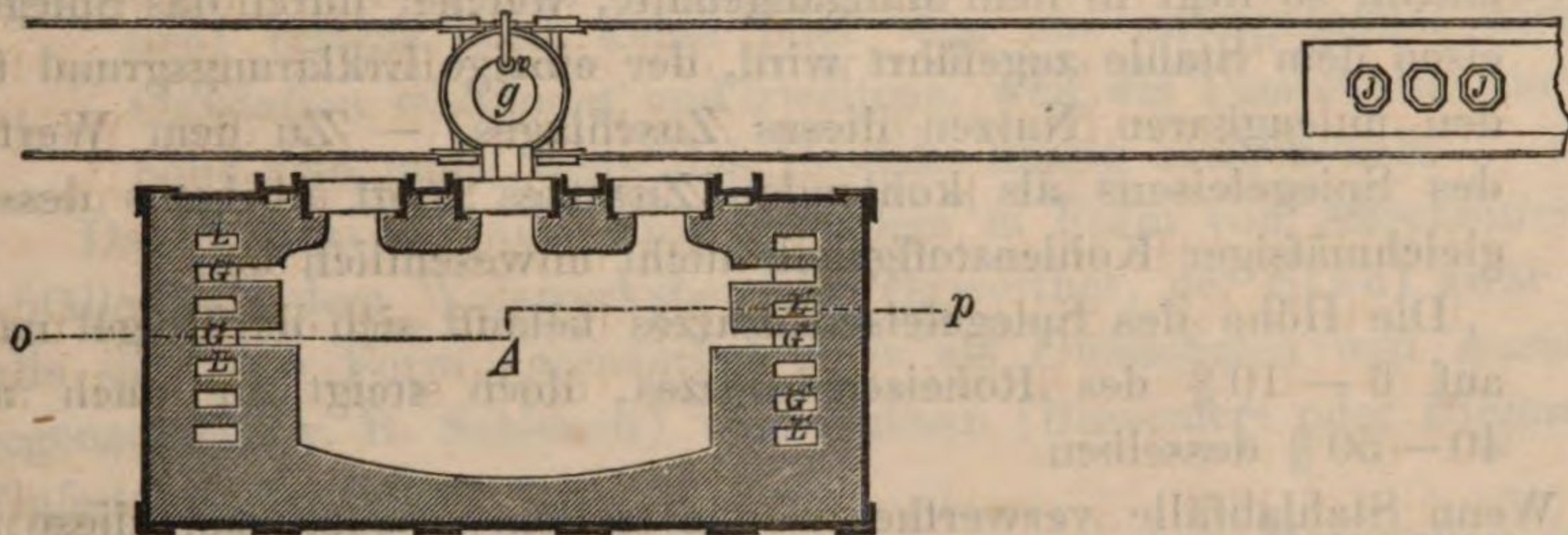
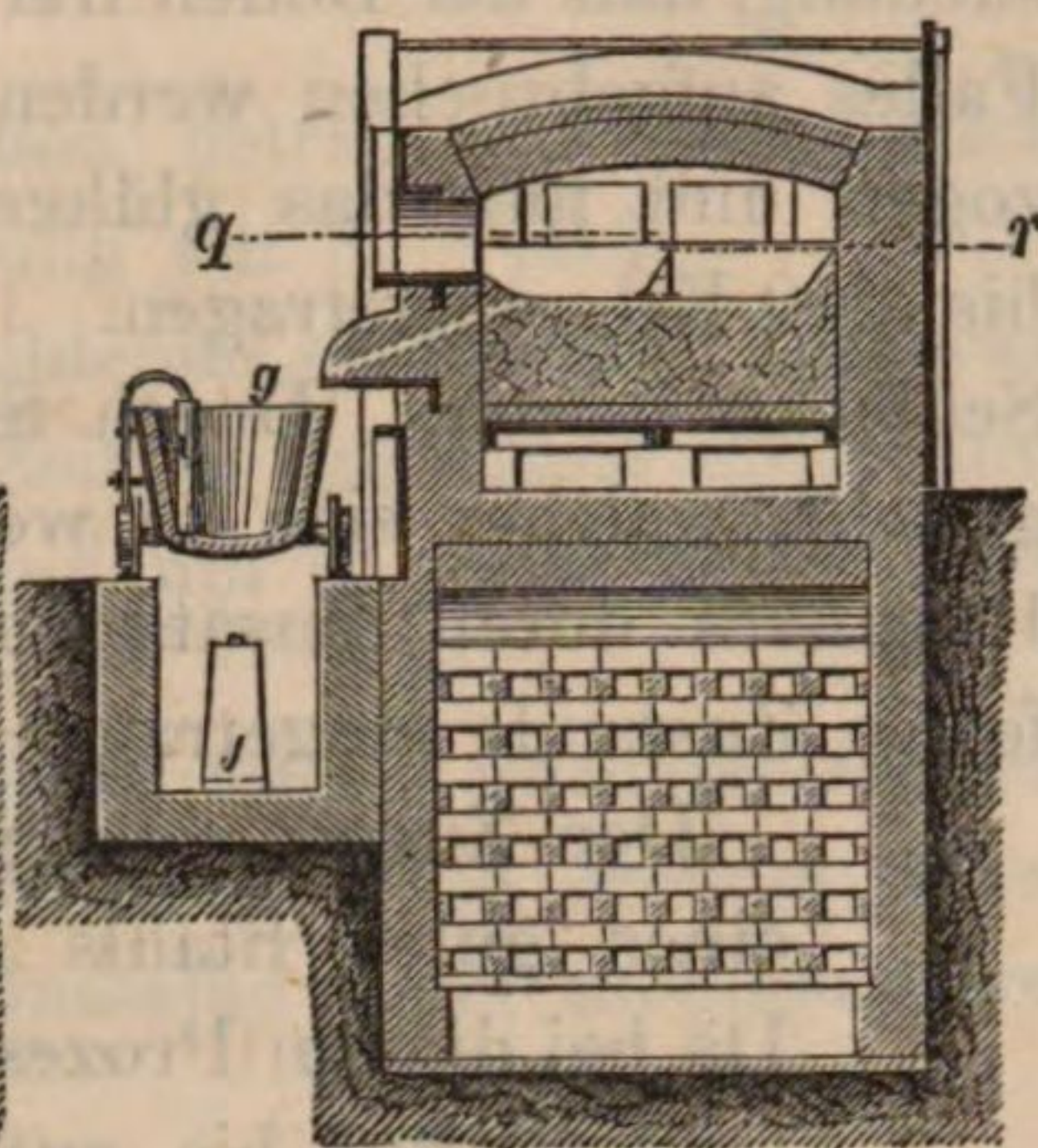


Fig. 161.

welcher das Eintragen von der entgegengesetzten Seite aus wie das Abstechen geschehen kann. Der Abstich erfolgt in die mit Rädern versehene Gießspfanne *g*, aus deren Boden der Stahl in die Gießformen *J* abgelassen wird. Die Länge des Heerdes pflegt 4—5 Meter, die Breite 2—3 Meter, die Höhe unter dem Gewölbe 0,8—1,0 Meter zu betragen.

Das Roheisen wird stets in dem Ofen selbst eingeschmolzen; das Schmiedeisen oder die Stahlabfälle dagegen, welche gelöst werden sollen, werden theils in einem besonderen Flammofen, theils in Vorheerden des Schmelzofens angewärmt.

Besondere Glühöfen pflegt man ebenfalls mit Regeneratoren zu versehen und mit Gas zu heizen. — Vorwärmheerde werden zu beiden Seiten der Eintrageöffnung vorspringend angeordnet und erhalten ihre Hitze wesentlich durch Strahlung. Der Ofen hat dann die Form eines Hufeisens.

Das Verfahren ist Folgendes: Das Roheisen wird bei geschlossenen Thüren eingeschmolzen.

Man setzt 150 — 1200 Kil. ein und zwar, abgesehen von der absoluten Gröfse der Charge, um so mehr, je mehr Schmiedeisen und je weniger Stahlabfälle verwerthet werden sollen.

Ist das Roheisen vollkommen flüssig und findet sich bei der Untersuchung, daß der Boden frei von Ansätzen geblieben, welche gegenheiligen Falles aufgebrochen werden müssen, so wird die gebildete Schlacke gezogen und nun das glühend gemachte Schmiedeisen in Partien von 50 bis 200 Kil. eingetragen. Das Bad wird jedesmal umgerührt und von Schlacke befreit. Durch Schöpfproben wird der Kohlenstoffgehalt festgestellt, welcher sich so weit vermindern muß, daß er am Schlusse des Prozesses durch Zusatz von Spiegeleisen (welches im glühenden, aber festen Zustande eingetragen wird) wieder erhöht werden kann.

Der Zusatz von Spiegeleisen scheint wesentlich zur Erzeugung eines guten Stahls zu sein und wird fast niemals fortgelassen. Da bei diesem Prozesse die Verminderung des vorhandenen Kohlenstoffgehaltes bis auf den gewünschten Grad keine Schwierigkeit macht, so liegt in dem Mangangehalte, welcher durch das Spiegeleisen dem Stahle zugeführt wird, der einzige Erklärungsgrund für den unleugbaren Nutzen dieses Zuschlages. — Zu dem Werthe des Spiegeleisens als kohlendenden Zusatzes trägt übrigens dessen gleichmäßiger Kohlenstoffgehalt nicht unwesentlich bei.

Die Höhe des Spiegeleisenzusatzes beläuft sich der Regel nach auf 6 — 10 $\frac{0}{0}$ des Roheiseneinsatzes, doch steigt sie auch auf 40 — 50 $\frac{0}{0}$ desselben.

Wenn Stahlabfälle verwerthet werden sollen, so setzt man diese im Anfange, d. h. vor dem Zusatze des Schmiedeisens ein. Zuweilen unterbleibt dann auch der Schmiedeisenzusatz ganz.

Hinsichtlich des Kohlenstoffgehaltes verhalten sich die Stahlabfälle neutral, wenn dieselbe Stahlsorte erzeugt werden soll; die Menge, welche man davon verwerthet, ist daher wesentlich davon abhängig, daß die Temperatur hinreichend hoch gehalten werden kann.

Man verwerthet oft eine den Roheiseneinsatz um das 10fache übersteigende Menge von Stahlabfällen.

Die Gesammtmenge des eingesetzten Roheisens, Stahls und Schmiedeisens richtet sich nach der Größe des Heerdes.

Man pflegt selten unter 1000 Kil. und über 12000 Kil. zu gehen und hält sich meist in den Gränzen von 1500 und 6500 Kil., z. B. auf 1750 Kil. Roheisen, 1500 Kil. Stahl und 100 Kil. Spiegeleisen, oder auf 1200 Kil. Roheisen, 1550 Kil. Stahl, 1500 Schmiedeisenstücke, 1620 Kil. Schmiedeisenabfälle und 425 — 575 Kil. Spiegeleisen.

Der chemische Vorgang ist zwar wesentlich der einer einfachen Lösung des kohlenstoffärmeren in dem kohlenstoffreicheren Eisen, aber gleichzeitig ist eine Entkohlung durch Oxydation nicht ganz zu vermeiden.

Aus diesem Grunde kann man auch bloß Stahlabfälle ohne Schmiedeisenzusatz verwerthen, sobald der Oxydation freierer Spielraum gestattet wird.

Der Abbrand in Folge der Oxydation beträgt durchschnittlich $6 \frac{0}{0}$, sinkt selten auf 5, steigt aber häufig auf 8 — 10 $\frac{0}{0}$.

Je weniger die sich durch Oxydation bildende eisenreiche Schlacke entfernt und je mehr dieselbe von Zeit zu Zeit in das Eisen eingerührt wird, um so stärkere Entkohlung tritt ein und um so mehr nähert sich der Prozess gleichzeitig einem Frischprozesse.

Als erster Einsatz muß stets ein möglichst flüssig einschmelzendes, schwer zu entkohlendes Roheisen benutzt werden. Man wendet daher immer ein graues Roheisen hierzu an. Dasselbe muß möglichst frei von Phosphor und Schwefel sein.

Keiner dieser Stoffe wird in nennenswerthen Mengen abgeschieden; erstens weil keine oder eine nur untergeordnet wirkende Oxydation stattfindet und zweitens, weil die Temperatur eine sehr hohe sein muß, wenn das Produkt flüssig bleiben soll.

Das Schmiedeisen wird besonders in Form von Abschnitten und Abfällen aus dem Walzwerksbetriebe verwerthet, der Stahl zwar ebenfalls in dieser Form, namentlich aber als Gußschalen und Ausschußgegenstände (z. B. Schienen) vom eigenen (Bessemer- oder Flammofen-Flussstahl-) Betriebe.

Da die Verunreinigungen der sämtlichen Materialien in das Produkt übergehen, so kann man nur reine Substanzen anwenden und der Prozess hat aus diesem Grunde, wie der Bessemerprozess, eine weit beschränktere Anwendung als der Puddelprozess.

Aus derselben Veranlassung kann auch die Anwendung von Eisenschwamm (reduziertem Erze*) an Stelle von Schmiedeisen nur dann von Erfolg sein, wenn die Erze sehr rein und frei von Gangarten sind.

Der Regeneratorgasflammofen ist wegen der in ihm zu erzeugenden hohen und gleichmäßigen Temperatur mehr als irgend ein Ofen mit direkter Feuerung zur Flussstahl-Erzeugung geeignet.

Man macht der Regel nach in 24 Stunden 2 oder 3 Chargen und verbraucht pro 100 Kil. Stahl durchschnittlich 100 Kil. Steinkohle, zuweilen jedoch nur 60 — 70 Kil. Ein Ofen hält 6 bis 12 Wochen aus, bevor er einer Hauptreparatur bedarf.

*) Vergl. Seite 169.

Neunundzwanzigster Abschnitt.

2. Kohlenstahl.

Kohlenstahl erzeugt man durch Zusammenschmelzen von Schmied-eisenbrocken mit Kohle.

Wie sich der Erzstahl *) zum gefrischten Stahl verhält, so der Kohlenstahl zum Flusssstahl.

Schon beim Tiegelflusssstahl **) ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß der Kohlungsgrad durch Zusatz von Holzkohle erhöht werden kann.

Die Schmelzung erfolgt meist in Tiegeln von Graphit oder Thon, seltner in Gebläseschachtöfen.

a. Damaststahl (Tiegelkohlenstahl).

Der Damast-, Damaszener- oder Wootz-Stahl ***) wird aus dem durch Rennarbeit in Indien erzeugten Schmiedeisen hergestellt. Dasselbe wird in Brockenform mit Holzspänen und grünen Blättern in kleinen Thontiegeln geschmolzen.

Zahlreiche (20 — 24) Tiegel werden gemeinschaftlich in einem Gebläseofen mehrere (2—3) Stunden lang erhitzt.

Das Produkt läßt man in den Tiegeln erkalten, schlägt es dann aus und glüht es vor dem Ausschmieden (zu Säbelklingen u. s. w.) anhaltend.

Der im Tiegel nur unvollkommen fließende Stahl wird durch das Glühen noch ungleichförmiger in Bezug auf den Kohlungsgrad der einzelnen Theile. Wird daher ein ausgeschmiedetes Stück geätzt, so erscheint in Folge des verschieden starken Angriffs des Aetzmittels eine Zeichnung von gewellten Figuren (Damast). — Geringe Mengen von Aluminium, Wolfram, Chrom, Nickel und Mangan können ebenfalls auf die Bildung des Damastes wirken, sind aber nicht unumgänglich nöthig. — Den vorzüglichen Ruf verdankt der ächte Damaststahl seiner Reinheit in Folge der Erzeugung des Materiales aus reinen Erzen durch die Rennarbeit.

*) Vergl. Seite 220.

**) Vergl. Seite 239.

***) Vergl. Seite 167.

b. Cupolofenstahl (Parry-Stahl).

Schmilzt man Schmiedeeisen mit hinreichendem Koksauwande durch einen Gebläseschachtofen, so erhält man je nach der angewendeten Temperatur Stahl oder Gufseisen. — Parry hat diesen Vorgang benutzt, um Schmiedeeisenabfälle (Durchstöße, Blechschnitzel u. s. w.) zu verwerthen. Dieselben werden mit Koks in einem Cupolofen *) zu Gufseisen verschmolzen; das Produkt fließt in einen Bessemerapparat und wird dort sofort wieder entkohlt, um endlich durch Zusatz von Spiegel-eisen in Flußstahl zurückgeführt zu werden.

Auf diese Weise gelingt es, aus einem ursprünglich phosphorhaltigen Roheisen, welches zuerst auf Schmiedeeisen verpuddelt ist, einen brauchbaren Stahl zu erzeugen; aber der Prozeß ist sehr kostspielig.

Dreißigster Abschnitt.

3. Cementstahl.

Der Cementstahl wird durch Glühen von Schmiedeeisen in Stabform mit Holzkohlen bei einer Temperatur hergestellt, bei welcher das Produkt noch nicht in den flüssigen Aggregatzustand übergeht.

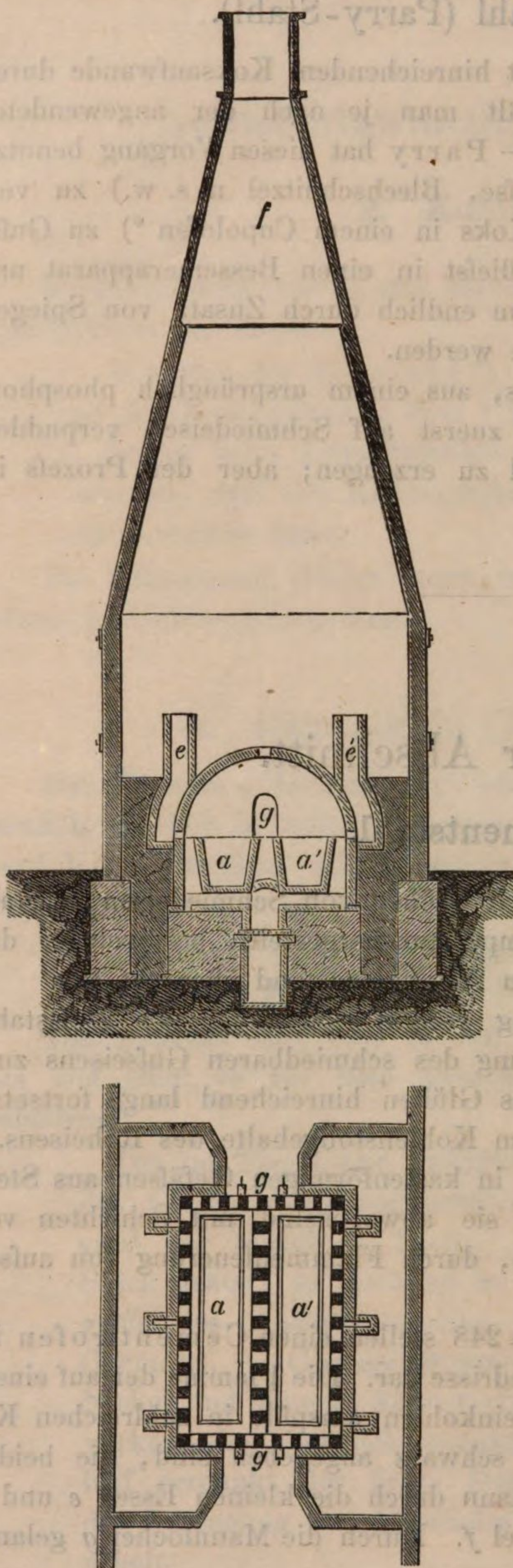
Die Cementstahldarstellung verhält sich daher zur Flußstahlerzeugung, wie die Darstellung des schmiedbaren Gufseisens zum Frischen. — Wenn man das Glühen hinreichend lange fortsetzt, so erhält man ein Eisen vom Kohlenstoffgehalte des Roheisens.

Die Schmiedeeisenstäbe werden in kastenförmigen Gefäßen aus Stein oder Thon (Kisten), in welche sie abwechselnd mit Schichten von Holzkohle eingepackt worden sind, durch Flammenfeuerung von außen erhitzt.

Fig. 162 und 163 auf Seite 248 stellen einen Cementirofen im Vertikalschnitte und im Grundrisse dar. Die Flamme der auf einem Planroste verbrennenden Steinkohlen umspült in zahlreichen Kanälen, welche in Fig. 163 schwarz angegeben sind, die beiden Kisten α und α' und geht dann durch die kleinen Essen e und e' in einen großen Rauchmantel f . Durch die Mannlöcher g gelangt man zu den Kisten.

*) Vergl. Seite 147.

Fig. 162 und 163.



Will man Kleinkohlen zur Feuerung verwenden, so legt man Treppenroste *) an.

Zuweilen stellt man nur eine Kiste, selten drei Kisten über eine Feuerung. — Die Kisten werden aus Sandstein- oder Thonplatten zusammengesetzt, seltner aus Ziegeln gemauert oder im Ganzen aus Masse gestampft.

Als Kohlungsmaterial dient stets Holzkohle und zwar besonders Laubholz- (Birken-, Eichen- und Buchen-) Kohle, nur wenn diese nicht zu beschaffen ist, Nadelholzkohle. Die Kohle wird in Form kleiner Stücke angewendet.

Die Stücke werden doppelt gesiebt, so daß sie durch ein Sieb von 19,6 Millimeter Maschenweite fallen, aber nicht mehr durch ein solches von 6,5 Millimeter Maschenweite.

Die Holzkohle muß für jede Cementation zu $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ aus frischen Kohlen bestehen.

Frische Kohlen allein wirken zu heftig und verlangen eine so niedrige Temperatur, daß die Zeit des Prozesses bedeutend verlängert wird. — Alte Kohlen allein sind beinahe unwirksam und verlangen bei hoher Temperatur ebenfalls eine lange Dauer. — Auf 100 Kil. Schmiedeeisen werden im Durchschnitt 27 Kil. Holzkohle verbraucht.

Das Schmiedeeisen wird in Form von Stäben angewendet, welche meist flach geschmiedet sind und eine etwas geringere Länge als die Kisten haben.

*) Vergl. Seite 133.

Die gewöhnlichsten Dimensionen der Stäbe sind 78 Millimeter Breite und 19,6 Millimeter Stärke.

Das Eisen muß dicht und schlackenfrei sein.

Man zieht daher bei Holzkohlen gefrischtes und gehämmertes Eisen dem gepuddelten und gewalzten vor.

Das Feuerungsmaterial besteht meist in Steinkohlen, seltner in Holz, Braunkohlen oder Torf.

Auf 100 Kil. Stahl werden 75—80 Kil. Steinkohle, 150—300 Kil. Braunkohle oder Torf, 300—325 Kil. Holz verbraucht. — Die Anwendung von Generatorgasen empfiehlt sich für aschenreiches Brennmaterial. Hochofengase *) werden besser für Zwecke, welche dem Hochofenprozesse näher stehen, verwerthet.

Die Besetzung der Kisten erfolgt auf einer schwachen Unterlage von Sand oder Thon in der Weise, daß zuerst eine Schicht Holzkohle (60 Millimeter stark) und dann abwechselnde Lagen von Stäben, die sich gegenseitig nicht berühren dürfen, und Holzkohle (letztere je ca. 13 Millimeter stark) folgen. Die oberste Schicht muß aus Holzkohle bestehen und wird stärker als die mittleren gemacht. Als Decke dient meist der Staub vom Stahlschleifen (kieselsäurereicher Schleifsteinabgang mit feinvertheilten Stahlpartikelchen), zuweilen Thon, Lehm oder Sand.

Zwei der obersten Stäbe (Probestäbe) läßt man mit einem Ende aus der Kiste hervorragen. — Die Decke soll die entwickelten Gase hinaus, die Luft nicht hinein lassen. — Die Kisten sind durchschnittlich 3,8 Meter lang, 0,9 Meter hoch und 0,8 Meter breit und fassen meist je 8000—9000 Kil. Schmiedeeisen.

Der Prozeß beginnt, nachdem die Zugänge zum Ofen geschlossen sind, mit langsamem Erhitzen bis zur Kupferschmelztemperatur, welche mehrere Tage und zwar so lange erhalten wird, bis eine herausgezogene Probestange den gewünschten Kohlungsgrad zeigt, worauf der Ofen wieder langsam abkühlt.

Das Anheizen dauert etwa 24 Stunden, die Kohlung einschließlic dieser Zeit 9—10, seltner nur 7 oder 8 Tage, die Abkühlung 3 Tage.

Das Produkt hat gegen das Materialeisen eine Gewichtszunahme von 0,5—0,75 % erlitten, ist im Bruche grau und grobblättrig und auf der Oberfläche blasig geworden (Blasenstahl).

Der chemische Vorgang **) besteht in einer von außen nach innen fortschreitenden Kohlenstoffaufnahme.

Der Kohlenstoff dringt theils durch Uebertragung (Molekularwanderung) von der Oberfläche in das Innere vor, theils wird er von gasförmigen Körpern, welche sich aus der frischen Holz-

*) Vergl. Seite 96.

**) Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde, Abth. I, Seite 130.

kohle entwickeln *) in das durch die Hitze porös werdende Eisen übertragen. — Eine Verflüchtigung des Kohlenstoffs (durch Dissociation) ist zur Erklärung des Vorganges nicht erforderlich und bei der verhältnißmäßig geringen Temperatur auch nicht wahrscheinlich. — Man hat dem Cyan, welches sich aus Kohle mit dem Stickstoff der eingeschlossenen Luft bei Gegenwart von Kalium aus der Asche bilden kann, den kohlenden Einfluß zugeschrieben und daher als Cementirpulver Salze von Alkalien (Pottasche, Kochsalz, Soda) zur Beförderung der Cyanalkalibildung, oder kohlensauren Baryt oder kohlensauren Kalk zur Bildung einer schwerer flüchtigen Cyanverbindung gegeben. Obwohl indessen die Cyanverbindungen die Kohlunng begünstigen, sind sie nicht durchaus erforderlich. — Kohlenwasserstoffe (Leuchtgas) kohlen das Eisen gleichfalls, sind aber für praktische Anwendung zu theuer. — Die kohlende Wirkung des Kohlenoxydes ist sehr gering. Dabei sich bildende Kohlensäure würde eine Oxydation der Blasenräume des Stahls veranlassen, die sich nicht zeigt. — Die Blasenbildung rührt wahrscheinlich von Kohlenoxyd her, welches sich durch Reduktion eingeschlossener Schlackentheilchen bildet, nicht von Schwefel oder von entweichendem Stickstoff zersetzter Cyanverbindungen.

Oberflächenhärtung.

Unter Oberflächenhärtung oder Einsatzhärtung versteht man die Cementation eines bereits fertigen Gegenstandes aus Schmiedeeisen.

Werkzeuge, welche oberflächlich härter sein sollen, um hohe Politur anzunehmen, werden mit Holzkohlenpulver in Büchsen von Eisenblech gepackt und geblüht. Statt des Holzkohlenpulvers wendet man thierische Kohle (namentlich aus Hörnern, Klauen und Hufen), auch mit Zusatz von Cyankalium und Blutlaugensalz an.

Sollen Gegenstände nur theilweise cementirt werden, so muß beim Glühen der übrige Theil durch Umhüllungen geschützt werden, welche nicht kohlenstoffhaltig sind und gleichzeitig den Zutritt der Luft absperren.

Eisenbahnschienen aus Schmiedeeisen werden häufig am Kopfe, Radreifen an der Laufbahn cementirt. Man packt den zu härtenden Theil in Holzkohle, das Uebrige dagegen in Thonmehl ein, welches besser als Sand vor Oxydation schützt.

Aehnlich wirkt das Eintauchen weißglühenden Schmiedeeisens in flüssiges Roheisen oder das Bestreichen des ersteren mit erhitztem aber noch festem Roheisen.

*) Vergl. Seite 30.

Einunddreißigster Abschnitt.

D. Reinigung, Verbesserung und Formgebung.

Das durch Zängen vom größten Theil der Schlacke oder durch Dichten von den Blasenräumen befreite Eisen kann für viele Zwecke unmittelbar verwendet werden und bedarf daher nur noch der Arbeiten, welche ihm eine für den Handel geeignete Form geben. Für andere Zwecke ist es aber noch nicht gleichmäfsig und rein genug und bedarf dann weiterer Reinigungs- und Verbesserungs-Arbeiten.

Die Ungleichmäfsigkeit wird durch den verschiedenen Kohlungsgrad in den einzelnen Theilen, die Unreinheit durch einen mehr oder minder grofsen Schlackengehalt bedingt.

Ist der Kohlenstoffgehalt hoch genug, um das Eisen schmelzen zu können, so wird die vollkommenere Arbeit des Umschmelzens benutzt, bei welcher der Kohlenstoffgehalt nicht verändert zu werden braucht, aber auch beliebig durch passende Zuschläge erhöht oder erniedrigt werden kann. Ist der Kohlenstoffgehalt dagegen niedrig, so mufs man sich der Schweifsarbeit bedienen, bei welcher durch Vereinigung kleinerer Eisenstücke zu einem gröfseren ebenfalls die ganze Masse gleichmäfsiger gemacht wird, während hierbei, auch selbst unter Anwendung einer reduzierenden Atmosphäre, eine Entkohlung durch die eingeschlossene Schlacke und das sich bei der Bearbeitung auf der Oberfläche bildende Oxyd-oxydul nie ganz zu vermeiden ist.

Das Umschmelzen ist nur für Stahl anwendbar. Man nennt den dadurch verbesserten Stahl Gußstahl. — Das Schweißen ist für Stahl sowohl, wie für Schmiedeeisen anwendbar; aber die Schweifsung des Stahls, welcher dann Gärbstahl genannt wird, ist schwieriger, als die des Schmiedeeisens, bei welchem eine weitere Verminderung des Kohlenstoffgehalts in geringen Gränzen weniger von Nachtheil ist. — Den verfeinerten Stahl, Gußstahl und Gärbstahl, bezeichnet man im Gegensatze zu dem durch Rennen, Frischen oder Kohlung erzeugten Rohstahl, mit dem gemeinschaftlichen Namen Feinstahl.

Die Schweifsarbeit bringt den Vortheil mit sich, neben der Verbesserung des Eisens auch eine Vereinigung verschiedener Eisensorten zu gestatten, welche für viele Zwecke wünschenswerth ist.

Eine Eisenbahnschiene soll z. B. einen harten Kopf, einen weichen Fuß, ein Radkranz eine harte Bahn, eine weiche Innenfläche haben,

Die Formgebungsarbeiten folgen zum Theil zwar den Erzeugungs- und Verbesserungsarbeiten nach, aber sie greifen auch oft tief zwischen dieselben ein.

Das Eisen, welches geschweisst werden soll, muß vorher erst eine zur Herstellung von geeigneten Packeten passende Form haben. — Das Eisen, welches zur Cementstahlfabrikation benutzt wird, ist vorher in die Form der Flachstäbe übergeführt worden.

Zur Formgebung bedient man sich der Hämmer, der Walzwerke und der Drathzüge. Die Hämmer sind, auch soweit sie für diesen Zweck benutzt werden, bereits im fünfundzwanzigsten Abschnitte beschrieben worden.

Die Formgebungsarbeiten unterscheiden sich wesentlich, je nachdem Blech, Stabeisen oder Drath erzeugt werden soll. — Blech nennt man das Eisen, wenn es nach zwei Dimensionen, Stabeisen und Drath, wenn es nach einer Dimension vorwiegend ausgedehnt ist. Drath unterscheidet sich vom Stabeisen nur dadurch, daß die Längendimension bedeutend mehr gegen die Stärkendimensionen vorwiegt, als bei letzterem.

Zweiunddreißigster Abschnitt.

1. Gufsstahl-Erzeugung.

Das Umschmelzen des fertig gebildeten Rohstahls zur Bildung von Gufsstahl geschieht stets in Tiegeln.

Alle Versuche Gufsstahl in einem Flammofenherde unter einer schützenden Schlackendecke zu erzeugen, sind bisher mißlungen. — Fälschlich nur nennt man den im Flammofen erzeugten Flußstahl Gufsstahl. Der Flußstahl bleibt immer ein Rohstahl.

Die Tiegel zur Gufsstahlbereitung müssen sehr feuerbeständig sein. Man fertigt sie meist aus sandfreiem Thon, welchem Chamotte, d. h. gebrannter Thon, und Kohle in Form von Graphit oder Koks (seltener Holzkohle) beigefügt ist. Zuweilen wendet man auch Graphit an, welcher mit nur geringen Mengen Thon und Chamotte gemischt ist.

Die Thontiegel, deren Gesamtgewicht etwa 12,5 Kil. beträgt, werden aus 11 Kil. rohem Thone, 1 Kil. Chamotte und 0,5 Kil. Koks, die Graphittiegel aus 5,5 Kil. Graphit, 5,5 Kil. Chamotte,

1,5 Kil. Thon zusammengesetzt. — Die Bearbeitung der Masse muß mit größter Sorgfalt geschehen, um sie vor der Benutzung luftfrei zu erhalten.

Die Tiegel werden in eisernen oder messingenen Formen (Nonnen) durch einen aus demselben Material bestehenden Stempel (Mönch) geprefst. Die Pressung erfolgt theils durch die Hand, theils durch Maschinen. Die Tiegel werden zuerst konisch geprefst und nachher oben etwas zusammengezogen.

Fig. 164 stellt einen Tiegel mit zugehörigem Deckel und Untersatz (Käse) dar.

— Die Formmaschinen bestehen aus einer Druckschraube mit langsamem Niedergange und schnellem Aufgange. Unter derselben bewegt sich eine excentrisch aufgestellte Scheibe, auf der sechs Formen stehen. Bei jeder ganzen Umdrehung derselben sind auch sechs Tiegel fertig, da gleichzeitig eine Form gereinigt und eingeölt, die zweite gefüllt, in der dritten der Tiegel geprefst, in der vierten die Verjüngung am oberen Ende vorgenommen, in der fünften der Tiegel geputzt, die sechste Form entleert wird. — Mit Leinwand überkleidete Holzmodelle kommen nur noch selten bei Handarbeit zur Anwendung.

Die Tiegel sind meist für Einsätze von 14 bis 15, zuweilen für 20—25 Kil. Stahl berechnet.

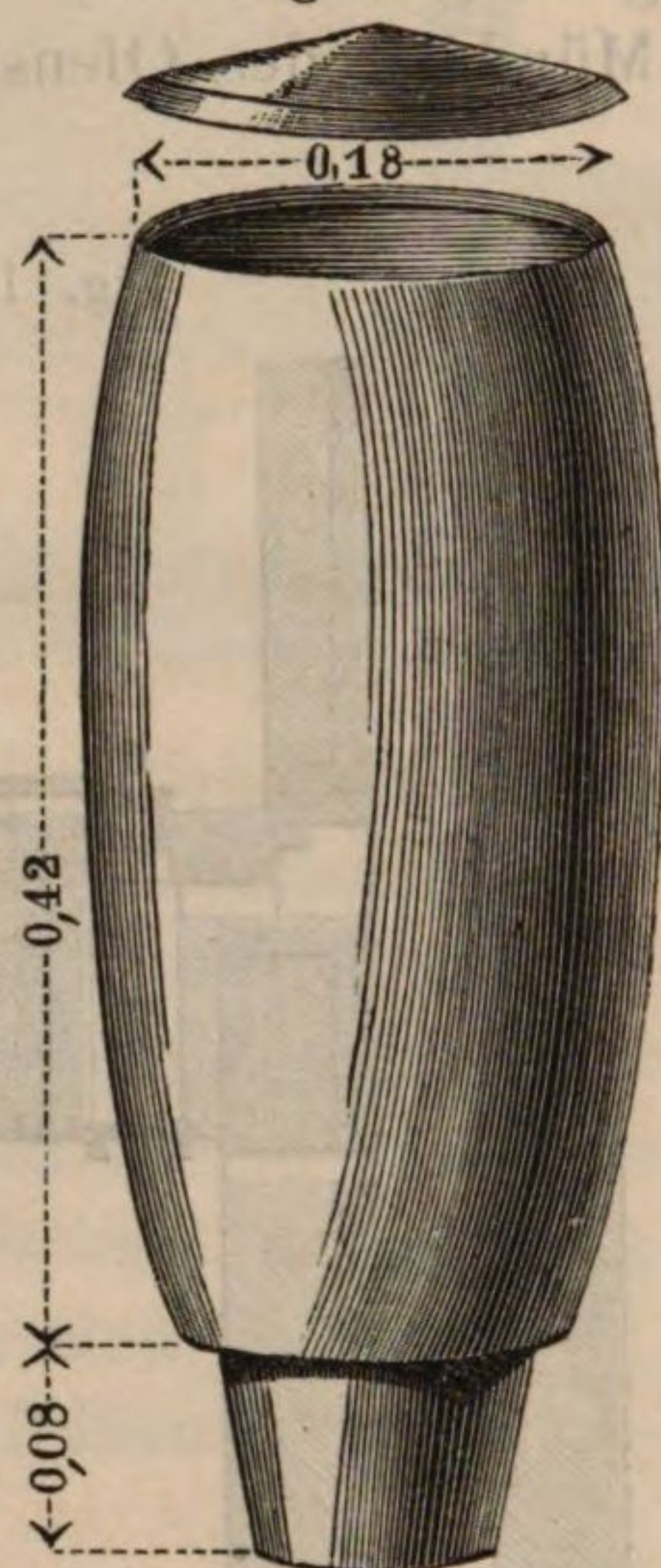
Sie erhalten im ersten Falle 17—18 Centim. oberen, 25 bis 26 Centim. größten äußeren Durchmesser bei 20—26 Millim. Wandstärke, und 41—42 Centim. Höhe bei 26—33 Millim. Bodendstärke. — Der Käse wird 7—8 Centim. hoch.

Die Tiegel werden vor dem Gebrauche erst möglichst lange in mäßig geheizten Räumen getrocknet und dann theils mit, theils ohne Einsatz in Glühöfen bis zu lichter Rothglut erhitzt.

Die Glühöfen sind entweder mit Koks geheizte Zugöfen, auf deren Rost man die Tiegel aufstellt, und zwar umgekehrt, wenn sie ohne Inhalt erhitzt werden sollen, — oder mit Steinkohle, durch die Abhitze der Schmelzöfen, auch mit Generatorgasen geheizte Flammöfen, auf deren Sohle die Tiegel aufrecht stehen oder liegen. Man setzt nach Bedarf gleichzeitig 4—30 Tiegel ein und glüht dieselben durchschnittlich 6—12 Stunden lang.

Die Schmelzöfen sind theils Schachtöfen, theils Flammöfen. Erstere werden der Regel nach mit Koks, letztere mit Generatorgasen geheizt.

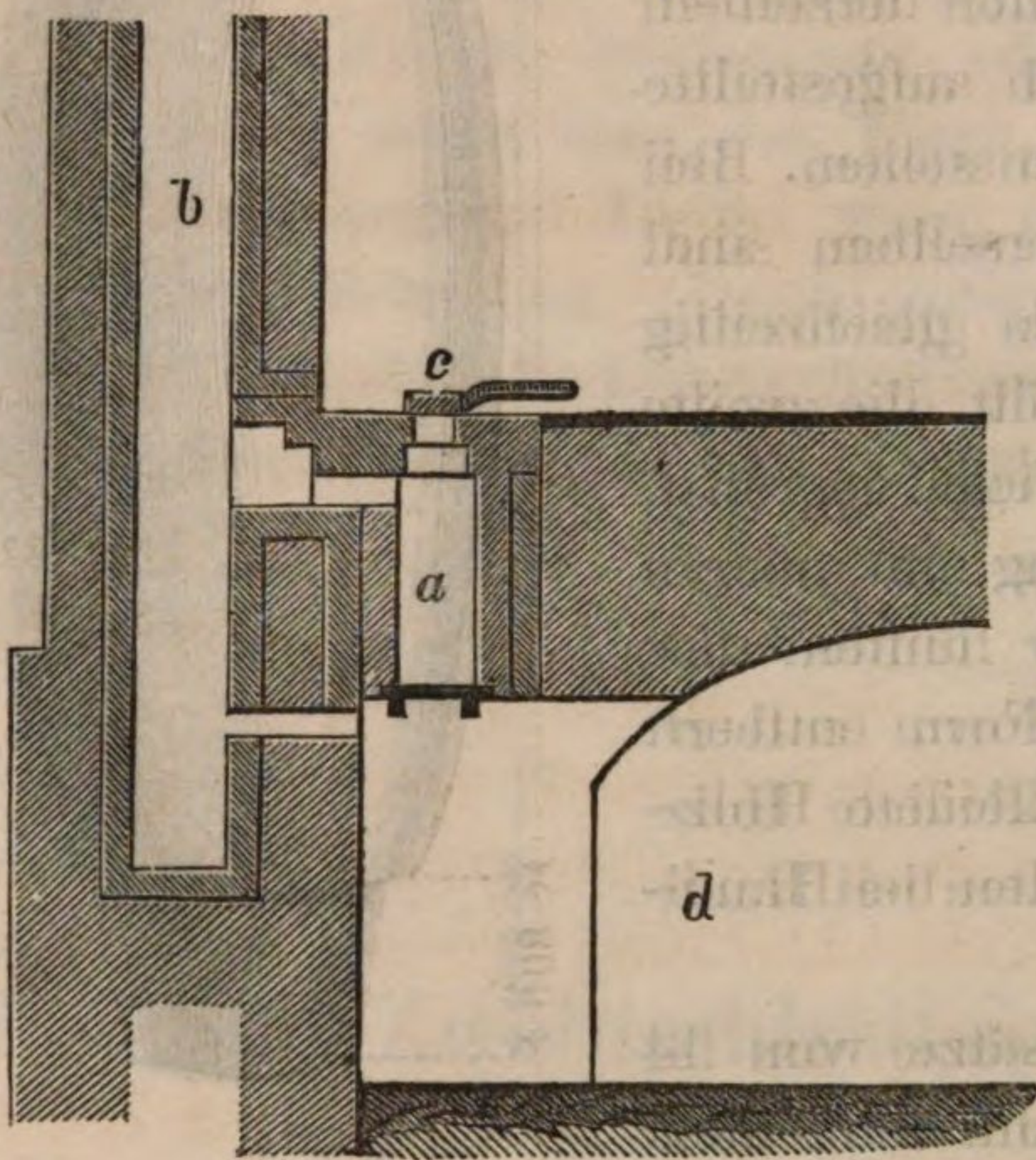
Fig. 164.



Schachtöfen mit Holzkohlen, Flammöfen mit direkter Steinkohlen-Feuerung sind unvortheilhaft.

Die Schachtöfen sind Räume mit vertikalen, nur oben etwas zusammengezogenen Wänden, in welchen bald nur ein, bald zwei oder vier, seltener acht oder sechzehn Tiegel in einer oder zwei Reihen neben einander Platz haben. Sie sind durch einen Planrost in den Schmelzraum und den in ein Gewölbe ausmündenden Aschenfall getheilt. Auf dem Roste liegen die Käse, welche die Tiegel tragen. Die Verbrennungsgase gehen durch einen Fuchs seitwärts zur Esse, während die obere Mündung des Ofens, die Gicht, durch einen Schieber verschlossen ist.

Fig. 165.



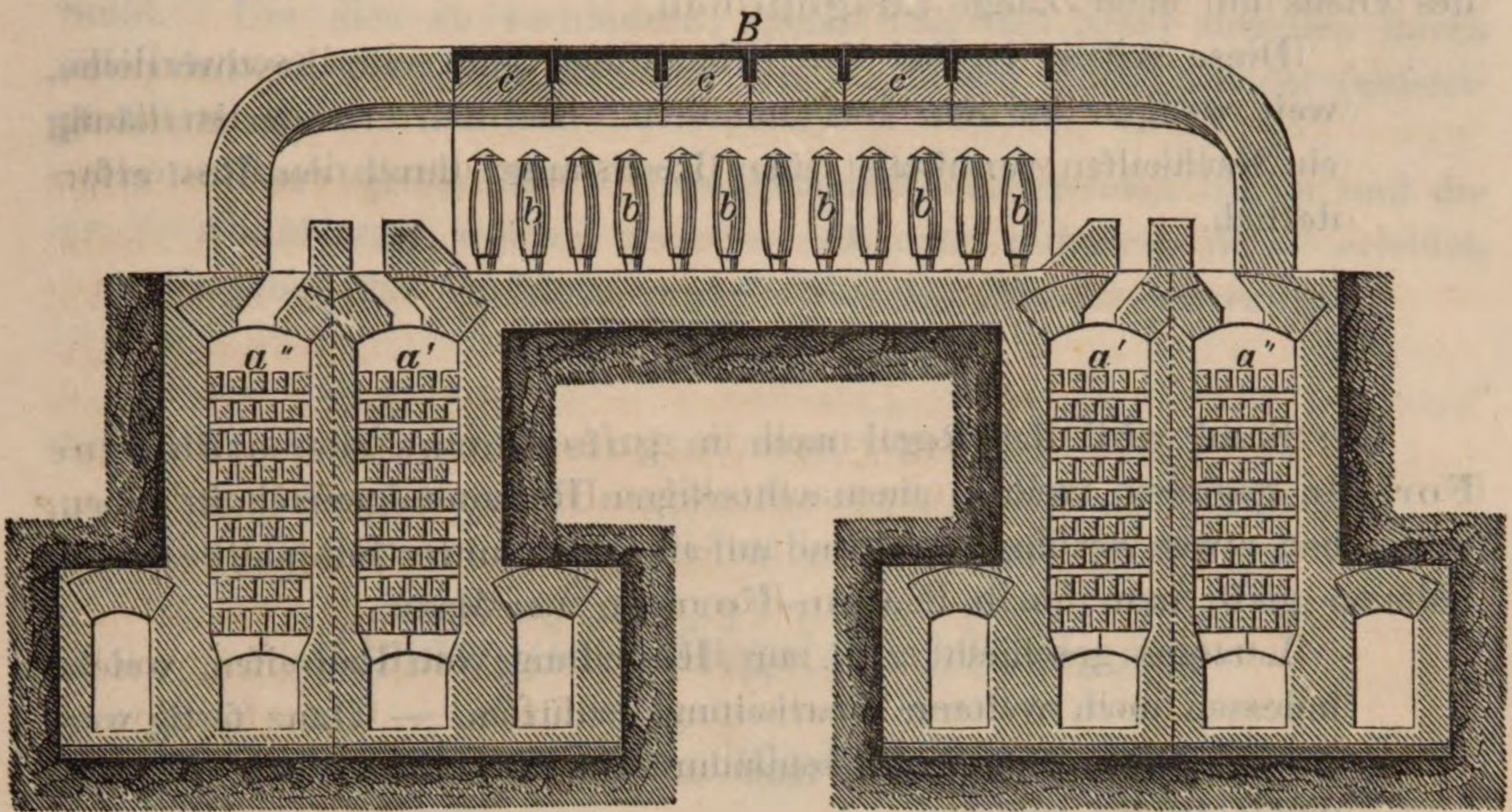
In Fig. 165 ist *a* der Schacht mit dem Roste, *c* der im Niveau der Hüttensohle gleitende Deckel, *b* die Esse und *d* ein vielen Oefen gemeinschaftlicher gewölbter Gang, aus welchem man den Rost reinigt und den Tiegel beim Herausnehmen anhebt. Die Höhe der Oefen vom Rost bis zur Gicht beträgt 1 Meter, bis zum Fuchse 0,8. Die Breite und Länge des Ofens ist bei der Benutzung für nur einen Tiegel ca. 0,4 Meter und wächst für jeden weiteren Tiegel um dessen größten Durchmesser plus 1 Centim. — Auf 100 Kil. Stahl braucht man durchschnittlich 325 Kil. Koks bei ein- und zweitiegeligen, 200 — 250 Kil. Koks bei mehrtiegeligen Oefen.

Die Flammöfen sind kanalförmige Räume, welche mit einem aus zahlreichen trennbaren Stücken gebildeten Gewölbe überdeckt sind. Mit großem Vortheil wendet man für sie Regeneratoren an. Sie fassen meist 15 — 20 Schmelztiegel, welche direkt auf der mit etwas Thonmehl bestreuten Sohle stehen oder von derselben durch Käse getrennt sind.

Fig. 166 auf Seite 255 stellt einen mit Regeneratoren *a'a''* versehenen Gasofen dar. Die Tiegel *bb* stehen hier auf Käsen. Das Gewölbe *B* ist aus den Stücken *cc* zusammengesetzt, deren jedes von einem eisernen Rahmen umfaßt ist. Auf 100 Kil. Stahl braucht man 300 — 400 Kil. Steinkohle.

Meist wird jeder Stahlofen, gleichgültig ob er mit Koks oder Gas geheizt ist, mit einer besonderen Esse versehen, welche 10 — 18 Meter Höhe erhält, da bei der Ankuppelung mehrerer Oefen an eine gemeinschaftliche Esse der Zug viel schwieriger zu reguliren ist.

Fig. 166.



Das Material zur Gufsstahlfabrikation kann jeder Rohstahl sein; jedoch wendet man, wenn aus dem Produkt feinere Instrumente hergestellt werden sollen vorwiegend Cementstahl, für Axen, Radreifen u. s. w. Puddelstahl, für Kanonen und anderen Massenguß Bessemerstahl an. Der wohl sortirte Stahl wird in Stücke gebrochen und theils vor dem Glühen der Tiegel in dieselben eingesetzt, theils erst, nachdem sie in den Schmelzofen gestellt und stark erhitzt worden sind.

Im letzteren Falle bedient man sich zum Füllen eines Blechtrichters.

Zuschläge giebt man selten. Sie bestehen behufs höherer Kohlung in Holzkohlenstückchen, welche auf den Boden des Tiegels kommen, behufs geringerer Kohlung in Schmiedeeisenbrocken. Zur Erzielung eines kohlenstoffarmen und dabei doch feinkörnigen und stark härtbaren Stahls setzt man zuweilen metallisches Mangan, Wolfram oder Titan ein.

Reinigende Stahlpulver^{*)} können nur in sofern wirksam sein, als sie die im Rohstahl eingeschlossene Schlacke leichtflüssiger machen. Zu den in dieser Richtung benutzten Mitteln gehört namentlich Braunstein. Bei der hohen Temperatur ist indessen die Flüssigkeit der Schlacke schon an sich zur Trennung nach dem specifischen Gewichte hinreichend.

Die Schmelzung dauert durchschnittlich 3—4 Stunden. Die genügende Flüssigkeit des Stahls wird durch einen eingesenkten Drath untersucht, zu welchem Zwecke der Deckel des Tiegels eine kleine Oeffnung hat.

^{*)} Vergl. Seite 221.

Ist die Schmelzung vollendet, so wird der Tiegel durch die Gicht des Ofens mit einer Zange ausgehoben.

Diese Arbeit ist bei den Schachtöfen eine sehr beschwerliche, weit weniger bei den Gasflamöfen. Bei den ersteren ist häufig ein Nachhelfen vermittelst einer Brechstange durch den Rost erforderlich.

Das Gießen. *)

Der Stahl wird der Regel nach in gußeiserne oder stählerne Formen gegossen, welche einen achteckigen Horizontalquerschnitt haben, nach oben etwas verjüngt sind und auf einer getrennten Sohlplatte stehen. Seltener gießt man ihn in Façon-Formen aus Masse.

Letzteres geschieht z. B. zur Herstellung von Radreifen, welche indessen noch weiterer Bearbeitung bedürfen. — Ganz fertig werden in Masseformen Eisenbahnräder (Scheibenräder), Glocken und Getriebe gegossen.

Die Tiegel werden, nachdem ihre Deckel entfernt sind, theils einzeln in die Formen entleert, theils wird der Inhalt mehrerer in einer Form vereinigt, oder in einer Gießpfanne **) gesammelt und aus dieser erst in die Form gelassen.

Das Gießen mehrerer Tiegel in eine Form erfordert große Geschicklichkeit, da der Strahl nie unterbrochen werden darf. Es muß daher vor der völligen Entleerung des einen Tiegels bereits der Guß mit dem folgenden beginnen.

Der in eiserne Formen gegossene Stahl steigt, wenn er offen stehen bleibt, und wird dadurch undicht. Man füllt daher die Form nie ganz mit Stahl, sondern bringt in den obersten Theil derselben, nachdem ein dünnes Eisen- oder Stahlblech auf die flüssige Oberfläche gelegt ist, Sand, welcher durch einen eisernen Deckel zusammengedrückt wird.

Statt dieser Methode wendet man nicht ohne Erfolg den Druck durch einen hydraulischen Kolben an.

Der Stahl steigt erst, nachdem seine Temperatur durch Abkühlung auf einen bestimmten Grad gesunken ist, und zwar um so mehr, je kohlenstoffreicher er ist.

Das Steigen des Stahls rührt von Kohlenoxydgas her, welches durch Einwirkung der mit dem Stahlstrahl in das flüssige Metall gelangten Luft auf den Kohlenstoff gebildet wird.

Die Farbe des Stahls, das Funkensprühen desselben und das Spiel der Oberfläche sind Kennzeichen für Hitze und Kohlenstoffgehalt.

*) Vergl. Seite 212 und 242.

**) Vergl. Seite 213 und Fig. 150.

Bei dem Füllen der Form von oben gelangt leicht Schlacke in den Stahl. Um dies zu verhindern, gießt man den Stahl zuweilen durch einen besonderen Kanal, welcher unten in die Form mündet (aufsteigender Guß).

Der Verlust des in dem Eingusse erstarrenden Stahls und die Abkühlung, welche derselbe auf dem weiteren Wege erleidet, machen das Verfahren nur für einzelne Zwecke anwendbar.

Dreiunddreißigster Abschnitt.

2. Das Schweißen.

Das Schweißen, beim Stahl Gärben genannt, beruht auf der Vereinigung getrennter Eisentheile, nach ihrer Erhitzung bis zur Weißglut, zu einem Ganzen durch Schlag oder Druck, unter gleichzeitiger Entfernung der flüssig gewordenen Schlacke theils durch Aussaigern, theils durch Auspressen.

Beim Schweißen einzelner fester Eisenstücke, z. B. der Schirbeln eines Heerdfrischdeuls werden nur die durch Schlacke noch theilweis getrennten einzelnen Metallkrystalle vereinigt; beim Schweißen von Packeten, welche aus vielen Eisenstäben bestehen, müssen sich dagegen auch die Oberflächen vorher völlig getrennter Eisenstücke verbinden.

Die vollkommene Vereinigung zweier Eisentheile erfolgt nur, wenn dieselben metallisch reine Oberflächen haben. Da bei der Erhitzung unter Zutritt von Luft sich die Oberflächen oxydiren, so muß ein Lösungsmittel für das gebildete Oxydoxydul gegeben werden. Enthält das Eisen nicht genügende Mengen von Schlacke, welche diesen Zweck erfüllt, so muß eine Schlacke durch Zusatz von Kieselsäure (Schweißsand) gebildet werden.

Das Erhitzen geschieht theils zwischen Holzkohlen, Koks oder Steinkohlen in offenen oder bedeckten Feuern, theils in Flammöfen, welche mit festen oder gasförmigen Brennmaterialien gefeuert werden.

Die mit Holzkohlen oder Koks betriebenen Feuer werden vorzüglich für Stahl, welcher vor Oxydation besonders geschützt werden soll, benutzt; viel allgemeinere Anwendung zum Schweißen haben die Flammöfen.

Die offenen Schweißfeuer sind mit Gebläse betriebene Heerde, welche in ihrer Konstruktion von den Frisch- und Schmiedefeuern nicht abweichen.

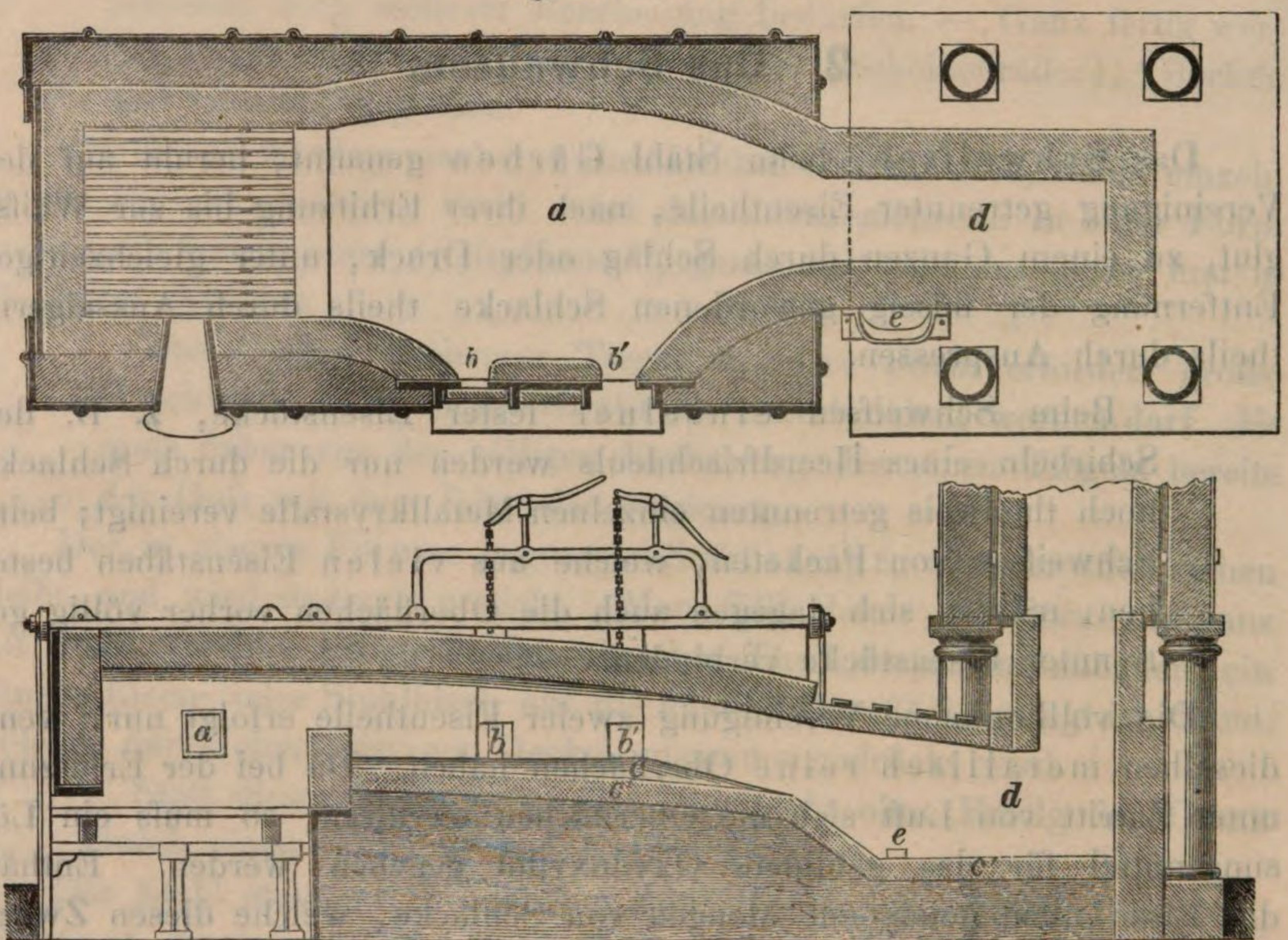
Unter den Steinkohlen lassen sich backende Kohlen, welche zu einer haubenartigen Decke über dem Feuer zusammensintern, am besten verwerthen. — Die Gebläseluft wird dann oft durch den Boden des Feuers eingeführt.

Bedeckte Schweißfeuer (Hohlfeuer) werden meist mit Koks betrieben und oft mit einem Vorheerde zum Anwärmen versehen.

Sie finden z. B. für Cementstahlschweißung und bei der Darstellung von schwachen Schwarzblechen Anwendung.

Schweißflämmöfen haben im Allgemeinen eine dem Puddelofen ähnliche Form. Die Sohle besteht stets aus Quarzsand.

Fig. 167 und 168.



In Fig. 167 und 168 ist ein Schweißofen im Grund- und Aufriss dargestellt. *a* (Fig. 167) zeigt den Schweißraum, welcher mit der Sandsohle *cc'* versehen und mit einem Gewölbe überdeckt ist. Die Pakete werden durch die mit Schiebethüren verschließbaren Oeffnungen *b* und *b'* eingesetzt, bewegt und herausgenommen; die Schlacke sammelt sich im Fuchse *d* und wird durch *e* abgelassen. Die Feuerung wird durch das Schürloch *a* (Fig. 168) besorgt; die verbrannten Gase ziehen durch die oft vielen Oefen gemeinschaftliche Esse ab, nachdem sie häufig noch zu gleichen Zwecken wie die

abgehenden Gase der Puddelöfen *) benutzt worden sind. — Die Gleichmäßigkeit der erforderlichen Hitze gestattet die Anwendung von Regeneratoren bei Schweißöfen mit besonderem Vortheile.

In einen Schweißofen setzt man der Regel nach gleichzeitig zahlreiche Eisenstücke oder Packete ein, welche allmählig nach den heißesten Theilen des Ofens vorgerückt werden, so daß ein mehr oder minder ununterbrochener Betrieb möglich wird.

An Brennmaterial verbraucht man bei Schweißfeuern pro 100 Kil. Eisen 40 — 50 Kil. Steinkohle, bei Schweißflamöfen 70 — 150 Kil.

Man rechnet durchschnittlich auf 100 Kil. fertige Waare vom Roheisen an 400 Kil. Steinkohle; der Brennmaterialverbrauch hängt indessen wesentlich von der Zahl der erforderlichen Schweißungen ab und kann in jedem einzelnen Falle durch zweckmäßige Feuerungsanlagen, z. B. durch Gasheizung und Anordnung von Regeneratoren bedeutend ermäßigt werden.

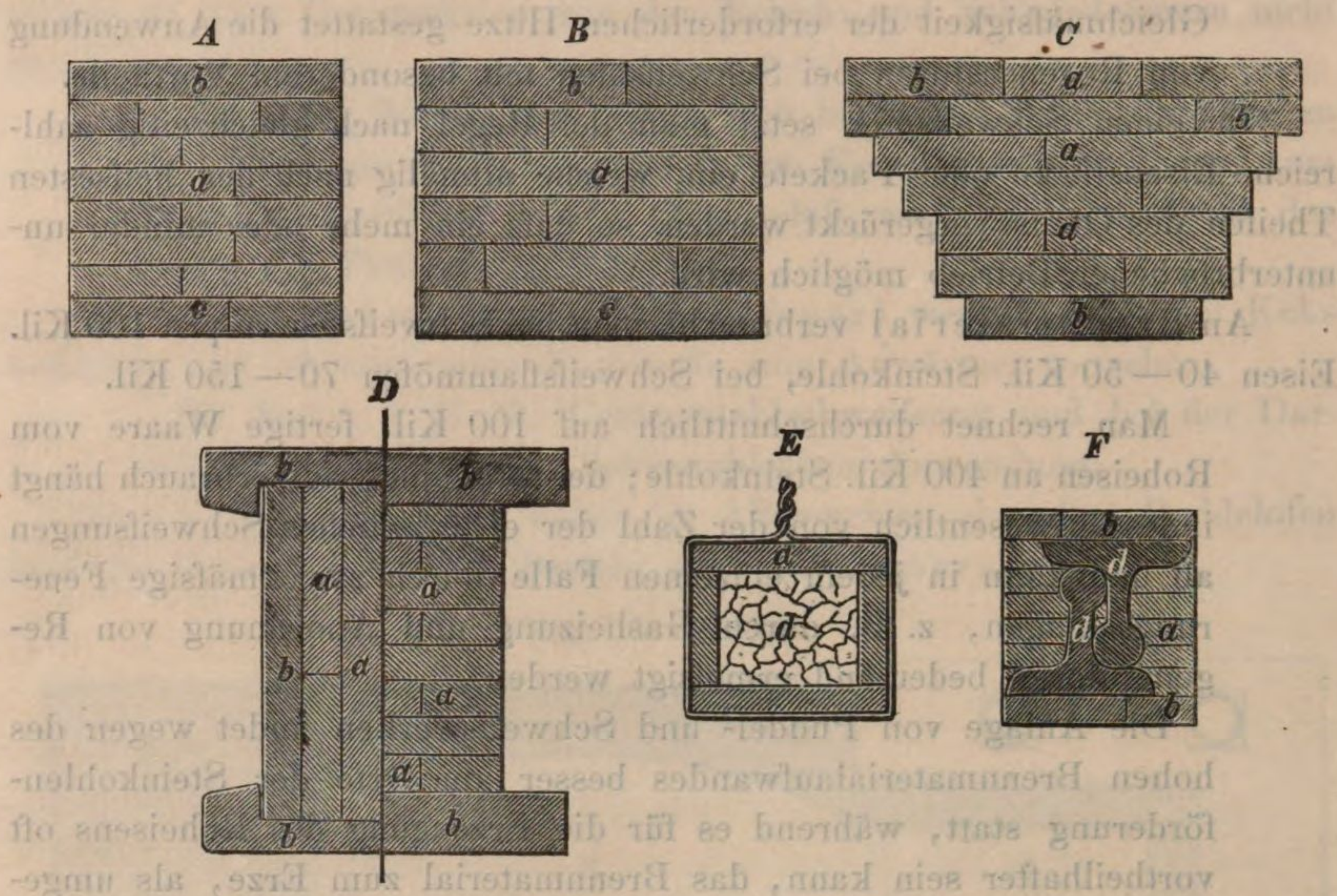
Die Anlage von Puddel- und Schweißwerken findet wegen des hohen Brennmaterialaufwandes besser am Orte der Steinkohlenförderung statt, während es für die Erzeugung des Roheisens oft vortheilhafter sein kann, das Brennmaterial zum Erze, als umgekehrt zu befördern.

Um mehrere Eisenstücke mit einander zu vereinigen, packetirt man dieselben vor dem Einsatze in den Schweißofen.

Bei der Packetirung wird sowohl die Form des zu fertigenden Gegenstandes, als auch die erforderliche Beschaffenheit des Eisens in seinen einzelnen Theilen berücksichtigt. Fig. 169 *A—F* auf S. 260 stellen einige Packetirungen dar. Fig. 169 *A* ist ein Packet für eine Eisenbahnschiene. Der obere Theil *b* ist aus Stahl oder Feinkornstäben, der untere Theil *c* aus bereits einmal geschweißtem (man sagt in der Praxis doppelt geschweißtem) Eisen, der mittlere Theil *a* aus Rohschienen gebildet. Fig. 169 *B* ist ein Packet für eine Vignolschiene mit stark ausgebildetem Fulse. Hier ist die Fufsplatte *c* noch an jeder Seite mit einem doppelt geschweißten Stabe bedeckt. — Fig. 169 *C* ist das Packet für ein **T**-, Fig. 169 *D* für ein Doppel-**T**-Eisen (rechts und links in verschiedener Anordnung). In beiden Packeten bedeutet *a* Rohschiene, *b* doppelt geschweißtes Eisen. — Fig. 169 *E* zeigt die Packetirung von verschiedenen Eisenabfällen *d*, welche von Rohschienen *a* umgeben und mit Drath zusammengebunden sind. Fig. 169 *F* ist ein Packet, für welches Eisenbahnschienenabschnitte *dd* benutzt worden sind. Die Packete werden mittelst einer eisernen Schaufel in den Ofen eingetragen und mit Zangen herausgenommen.

*) Vergl. Seite 148.

Fig. 169.



Zum Zusammenhalten der Stäbe bis zur Erreichung der Schweiss-hitze pflegt man die Packete oft mit Drath oder Bandeisen zusammenzubinden (Fig. 169 E), zuweilen auch auf schwache Bretter zu legen. — Sehr große Packete zieht man mittelst maschineller Vorrichtungen aus dem Ofen, fährt sie auf Wagen zum Hammer und zum Walzwerke oder befördert sie durch rotirende Rollen dahin. Stahl erfordert eine sorgfältigere Packetirung als Eisen, damit zwischen den einzelnen Eisenstücken möglichst wenig luftgefüllte Zwischenräume bleiben.

Die Stäbe, welche das Stahlpacket (die Garbe) bilden sollen, werden nach dem Aushämmern (Plätten) zuvörderst genau gerade gerichtet (geschient).

Die Größe eines Packetes wird berechnet nach dem Gewichte des herzustellenden Gegenstandes, dem das Gewicht der Abfälle (Enden, Abschnitte) und des Abganges (Schweisverlust) zuzusetzen ist.

Der Abgang schwankt bei einmaliger Schweissung je nach der Menge der eingeschlossenen Schlacke zwischen 6 und 9 $\frac{0}{0}$, bei zweimaliger Schweissung (dem gewöhnlichen Falle) zwischen 10 und 16 $\frac{0}{0}$. Auf die beiden Enden muß man durchschnittlich 16 bis 90 Centim. Länge rechnen. *) Den Abgang für Puddeln und Schweißen zusammen pflegt man durchschnittlich auf 20—25 $\frac{0}{0}$ anzunehmen unter der Voraussetzung, daß die Abschnitte wieder verwerthet werden.

*) Vergl. Ingenieurs Taschenbuch 1870, Seite 608.

Die Schweißofenschlacke entspricht der Regel nach einer sehr garen Frischschlacke, d. h. sie besteht aus einem eisenoxydoxydulreichen Singulosilikate von Eisenoxydul; nur die durch Schweißsand gebildeten Schlacken sind zuweilen kieselsäurereicher und dann den Rohschlacken ähnlicher.

Im letzteren Falle krystallisiren sie wie jene. — Der Eisengehalt schwankt meist zwischen 45 und 60 $\frac{0}{0}$ und macht die im Uebrigen auch sehr reinen Schlacken zu einem werthvollen Materiale, welches sowohl im Hochofen, als ganz besonders beim Frischen benutzt wird.

Das Eisen wird durch den Schweißprozeß so lange verbessert, als der Kohlenstoffgehalt hoch genug für die verlangten Eigenschaften des Produktes bleibt.

Bei jeder Schweißung geht Kohlenstoff verloren; Stahl kann daher durch wiederholte Schweißung in Schmiedeeisen, Schmiedeeisen in verbranntes Eisen umgewandelt werden. Graphithaltiger Stahl giebt bereits ein unbrauchbares Produkt (verbrannten Stahl), sobald der chemisch gebundene Kohlenstoff oxydirt ist.

Je größer die Pakete sind, um so schwieriger ist die Schweißarbeit auszuführen.

Der Abbrand, welcher in Folge der Oxydation an der Oberfläche stattfindet, bis die Erhitzung in die innersten Theile des Packetes eingedrungen ist, hebt bei einer gewissen Gränze jede Vergrößerung durch Anschweißung auf.

Um den Abbrand und die Entkohlung zu vermindern, werden die Arbeitsstücke reichlicher mit thonhaltigem Sande, Thon oder Lehm bestreut, als es zum Schweißen unumgänglich nothwendig wäre; für Stahl wird auch gestossenes Glas, Borax, Kochsalz, Soda, Potasche, Salmiak, Braunstein, Schwerspath, Flußspath angewendet. Man streut diese Substanzen theils als trocknes Pulver auf, theils rührt man sie mit Wasser an und pinselt sie auf.

Die angeführten Körper bilden eine dünnflüssige Schlacke, welche die Luft von dem Eisen abhält. — Zuweilen setzt man denselben noch kohlenende Körper zu, wie Blutlaugensalz, Kolophonium, um der Entkohlung entgegen zu wirken. — Wesentlich trägt zur Erhaltung des Stahls die Erhitzung in einer möglichst reduzierenden (kohlenoxydreichen) Flamme bei.

Die erhitzten Schweißstücke werden unter Hämmern oder Walzen zusammengedrückt.

Man lenkt sie beim Walzen mit der Zange, beim Hämmern entweder ebenfalls mit der Zange oder vermittelt einer angeschweißten Handhabe (des Schweifes).

Vierunddreißigster Abschnitt.

Die Walzwerke. *)

Die Walzwerke dienen nur zuweilen zum Zängen der gepuddelten Luppen (Zängewalzwerke), vielmehr meistens zur Umformung der bereits unter dem Hammer gezängten Luppen in Eisenstäbe (Rohschienen), welche sich behufs weiterer Schweissung packetiren lassen (Luppen- oder Rohschienen-Walzwerke), oder zum Schweissen und zur Formgebung geschweißten Eisens (Stabeisen- und Blech-Walzwerke).

Bei dem Walzen der bereits gehämmerten Luppen wird, ebenso wie beim Schweissen, die eingeschlossene Schlacke so lange als sie noch hinreichend flüssig ist, aus dem Eisen entfernt und in sofern kann das Walzen stets als eine fortgesetzte Zängearbeit angesehen werden.

Ein Walzwerk besteht aus zwei gußeisernen, selten stählernen Cylindern, welche durch eine Kraftmaschine in entgegengesetzter Richtung umgedreht werden und in der Ebene ihrer Axen einen Raum zwischen ihren Mänteln frei lassen, welcher dem einem Eisenstücke zu gebenden Querschnitte entspricht.

Ein gegen solche Walzen geschobenes, heißes Eisenstück wird durch die an den Berührungslinien desselben mit den Walzenmänteln erzeugte Reibung zwischen die Walzen hineingezogen, wenn die normal zum Walzenmantel wirkende Theilkraft der Reibung, deren Grösse im umgekehrten Verhältnisse wie die Entfernung des Eisenstückes von der durch die Axen der Walzen gelegten Ebene zunimmt, größer ist als der Widerstand, welchen das Eisen in entgegengesetzter Richtung gegen das Zusammendrücken leistet.

Ist die Reibung kleiner, so bleibt das Eisenstück vor den Walzen liegen. — Die Reibung kann künstlich durch rauhe (aufgehauene) Walzenmäntel, durch Aufstreuen von Sand auf das Eisen, durch Stofs oder Druck vermehrt werden.

Wächst beim Zusammendrücken der Widerstand des Eisens höher als der relativen Festigkeit der Walzen oder deren Zapfen entspricht, so erfolgt ein Bruch der letzteren. **)

*) Hauer, Hüttenwesensmaschinen, Seite 235; Die Kalibrirung der Eisenwalzen, Beilage zu den Verhandlungen des Preuss. Gewerbevereins 1869. Tunner, Walzenkalibrirung 1867.

**) Vergl. Fig. 102 Seite 115, welche um 90° gedreht gedacht den Vorgang erläutert, wenn an Stelle der Schwere der Druck, an Stelle der rückwirkenden Festigkeit der Widerstand gegen das Zusammendrücken gesetzt wird.

Ein Eisenstück oder Packet kann nur von den Walzen erfaßt werden, wenn seine Höhe ein bestimmtes Verhältniß zur Entfernung der Walzenmäntel von einander nicht überschreitet; es kann daher nicht plötzlich auf einen beliebigen Querschnitt verringert werden, sondern muß der Regel nach mehrfach Walzen oder Walzentheile passiren, deren Abstand von einander gesetzmäßig abnimmt.

Diese Abnahme kann sowohl durch Veränderung der Walzenstellung, als durch Anwendung von Walzen oder Walzentheilen mit zunehmenden Durchmessern bewirkt werden. Ersteres findet bei der Blech-, letzteres bei der Stabeisen-Fabrikation statt.

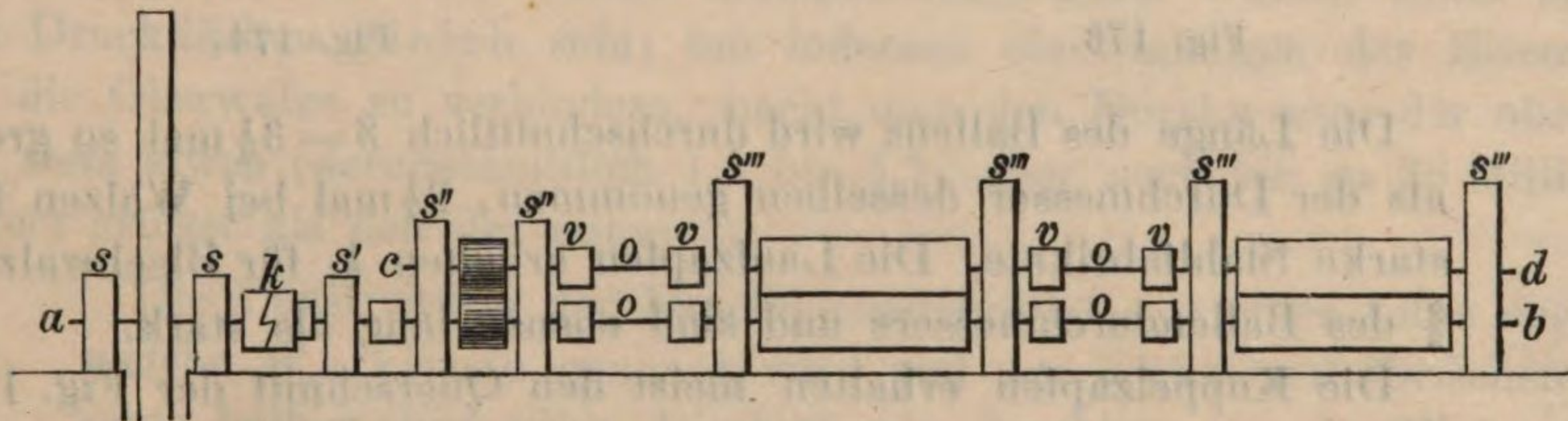
Die Walzen laufen mit Zapfen (Läufern) in Lagern, welche von Ständern getragen werden.

Der Regel nach befinden sich je zwei oder drei zusammengehörige Walzen, deren Axen in einer Vertikalebene liegen, zwischen einem Ständerpaar.

Seltener sind vier Walzen über einander oder in zwei Paaren vor einander, zuweilen außer zwei horizontalen noch ein oder zwei Paare vertikaler Walzen angeordnet.

Meist werden zwei oder mehrere Walzenpaare zu einer Walzenstrecke vereinigt.

Fig. 170.



Die Anordnung einer zweipaarigen Walzenstrecke stellt Fig. 170 dar. Die Kraftmaschine bewegt die Welle ab an der Seite a direkt oder durch Getriebe-, seltner Riemenübertragung. Zwischen den Ständern ss befindet sich das nur bei vor- und rückwärtsgelenden Walzwerken fehlende Schwungrad; k ist die Ausrückvorrichtung. Zwischen den Ständern $s''s''$ liegen die Getriebe (Krauseln), welche die Bewegung in umgekehrtem Sinne auf die Oberwelle cd übertragen. Die beiden Walzenpaare werden von den Ständern (Gerüsten) $s'''s'''$ getragen; sie sind mit den Getrieben und unter sich durch Zwischenwellen (Kuppelungswellen) oo und Kuppelungen vv verbunden.

Eine Walze besteht aus dem Ballen oder Walzenbund (a Fig. 171 auf Seite 264), den Laufzapfen oder Läufern (b) und den Kuppelungs- oder Kuppelzapfen (c).

Der Ballen ist entweder glatt oder mit Einschnitten (Kalibern) versehen; die Läufer sind stets glatt, die Kuppelzapfen dagegen kantig.

Fig. 171.

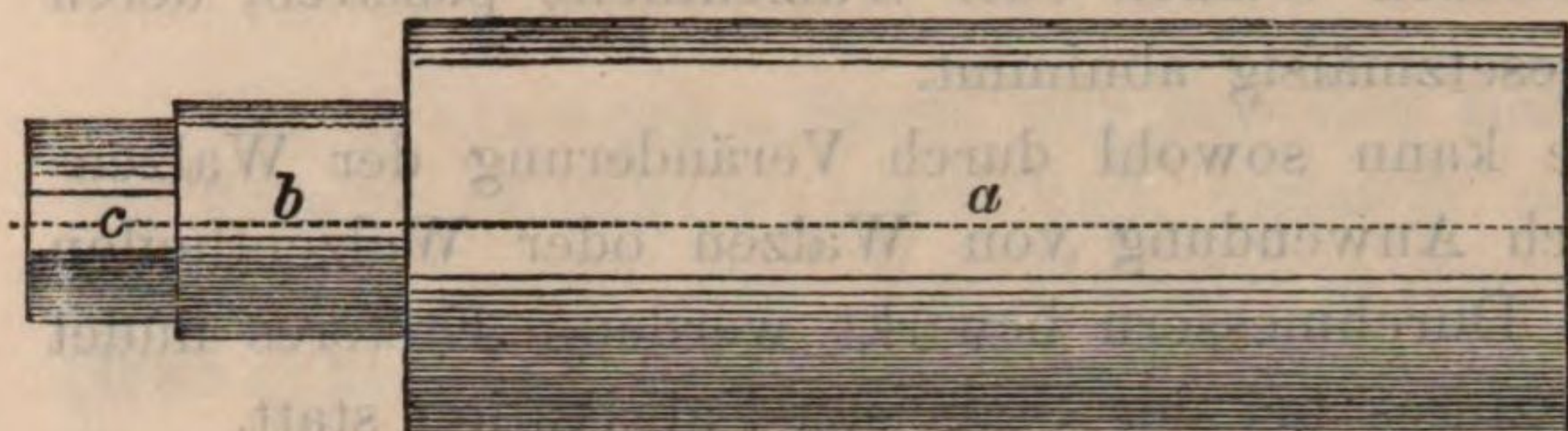


Fig. 172.

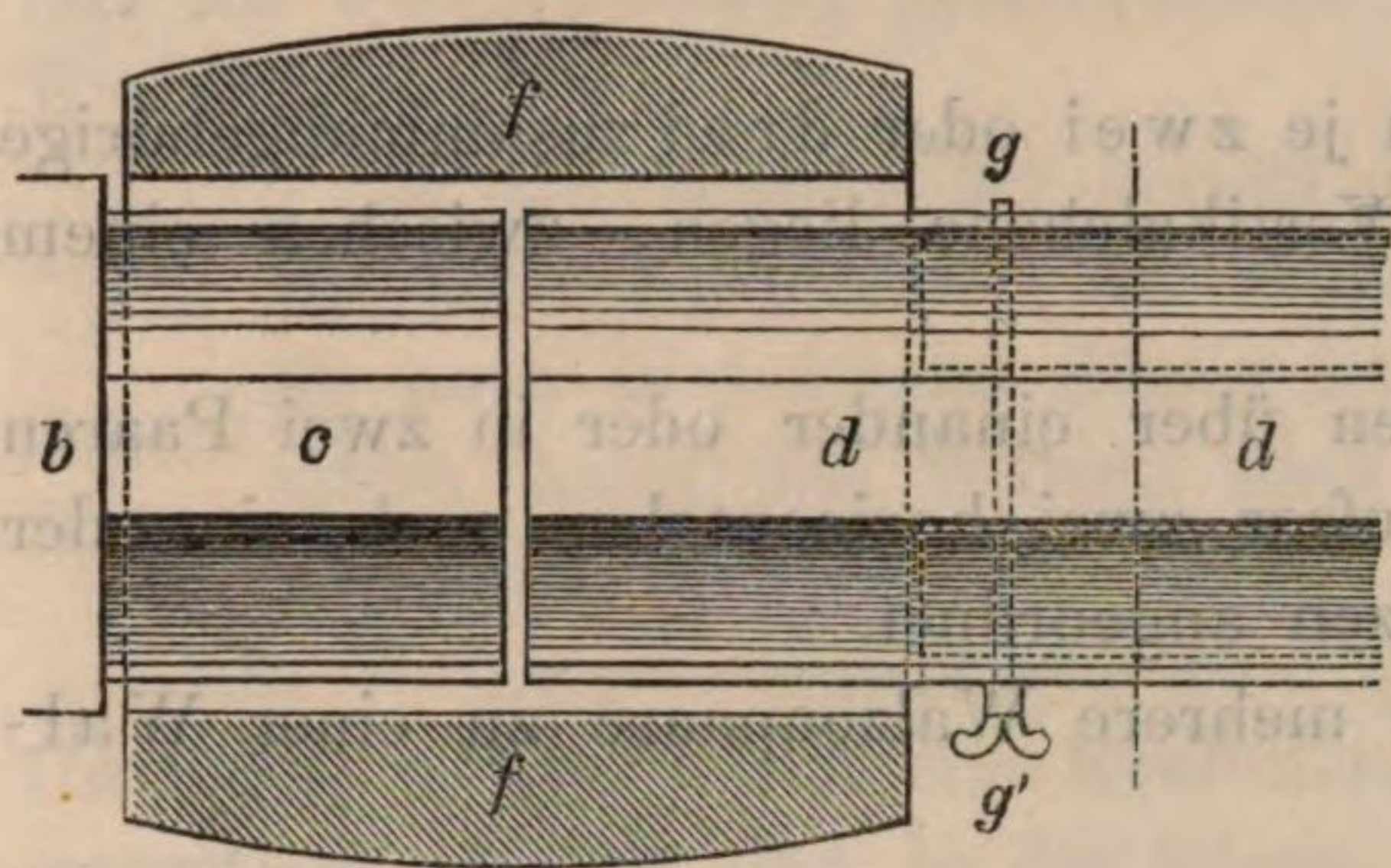
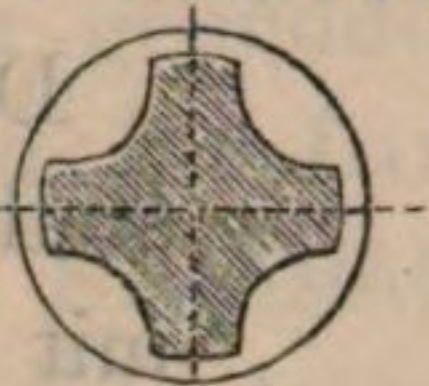


Fig. 173.

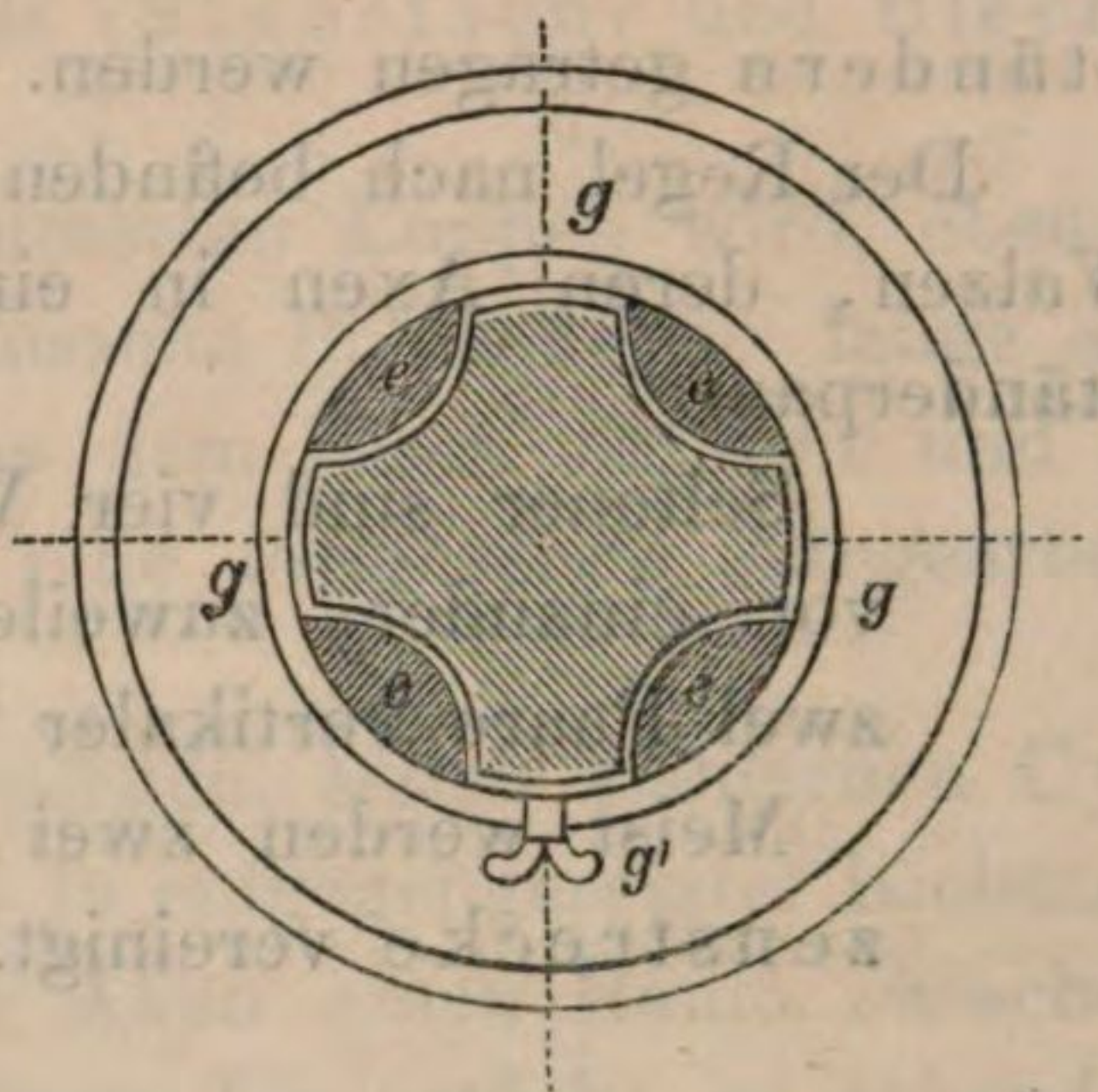


Fig. 174.

Die Länge des Ballens wird durchschnittlich $3 - 3\frac{1}{2}$ mal so groß als der Durchmesser desselben genommen, $2\frac{1}{2}$ mal bei Walzen für starke Stahlfabrikate. Die Laufzapfen erhalten $\frac{1}{2}$, für Blechwalzen $\frac{2}{3}$ des Ballendurchmessers und sind ebenso lang als stark.

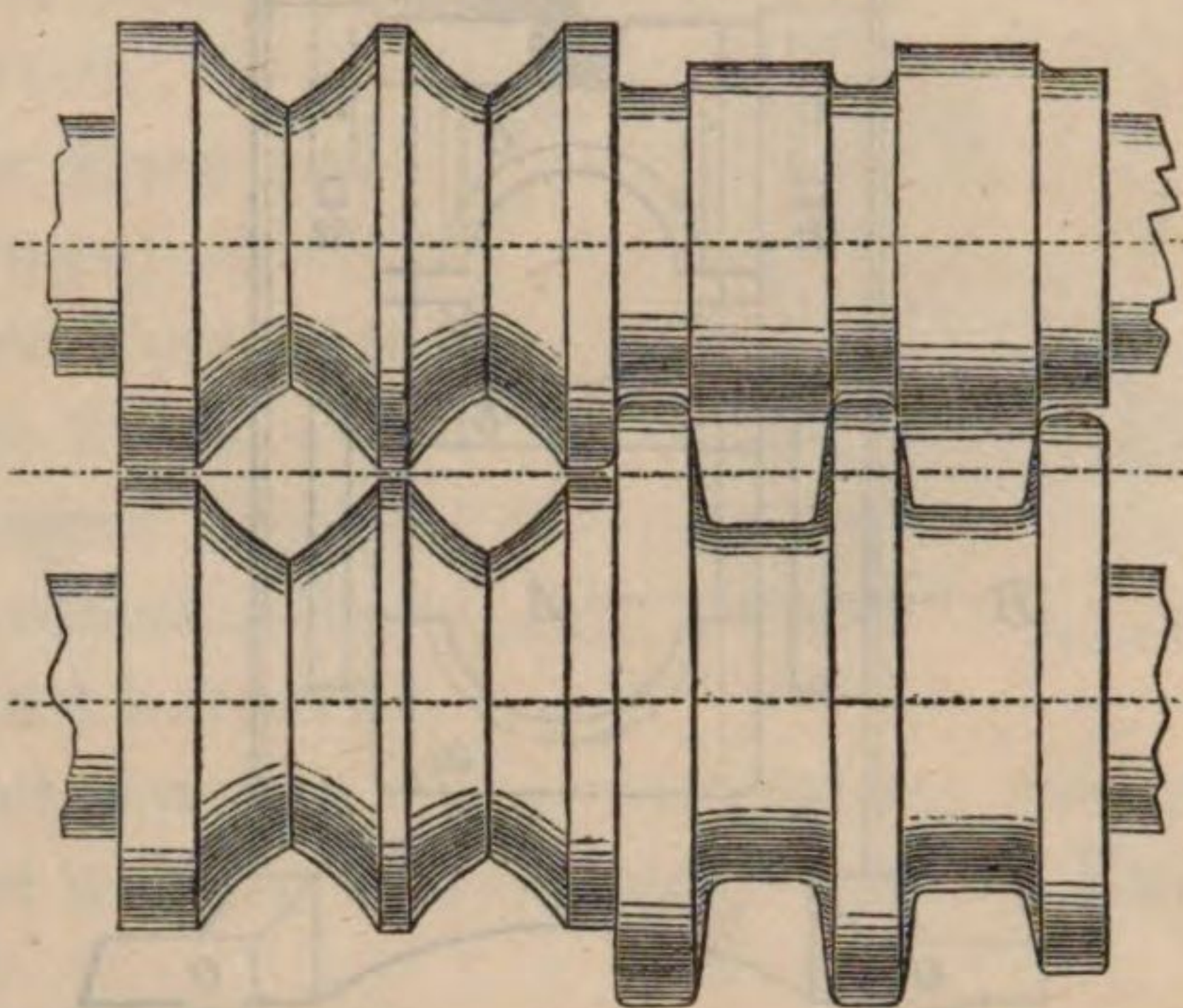
Die Kuppelzapfen erhalten meist den Querschnitt der Fig. 172 (Kreuzzapfen), werden etwas schwächer als die Laufzapfen und von $\frac{2}{3}$ der Länge derselben genommen. Ist z. B. der größte Durchmesser 255 Millim., so wird der kleinste Durchmesser 170 Millim. und die Kehle ist der Bogen eines Kreises von 65 Millim. — Die Kuppelungswellen dd (Fig. 173) erhalten den Querschnitt der Kuppelungzapfen, welcher wiederum dem inneren Querschnitte der Kuppelungsmuffe f entspricht; letztere hat indessen einigen Spielraum, um verschiedene Abstände der Walzenmittel zu ermöglichen, ohne die Getriebe außer Eingriff zu bringen. Um die seitliche Verschiebung der Kuppelungsmuffen zu verhindern, werden Kuppelungsstäbe ee (Fig. 174) in die freibleibenden Vertiefungen der Kuppelungswelle dd eingelegt und mit Riemen oder Eisenbändern ggg' festgehalten.

Die Kaliber, welche niemals über $\frac{1}{4}$ des Ballendurchmessers einschneiden dürfen, sind begrenzt durch Ringe (Ränder), welche ent-

weder gleichmäfsig an beide Walzen vertheilt sind (offene Kaliber), oder sich nur an einer Walze befinden, während die andere Walze entsprechende Einschnitte hat (geschlossene Kaliber).

Fig. 175 zeigt ein Walzenpaar, welches links zwei offene, rechts zwei geschlossene Kaliber trägt. Die Walzenringe der unteren (Matrizen-) Walze greifen rechts in den Ballen der oberen (Patrizen-) Walze ein. Die Maximaltiefen der Kaliber sollen ein vom Axendurchmesser ausgehendes, kubisches Paraboloid nicht durchschneiden.

Fig. 175.



Wird ein Kaliber durch zwei Walzenpaare gebildet, deren eines horizontal liegt, während das andere vertikal steht, so nennt man die Vorrichtung Universalwalzwerk.

Der Durchmesser zweier zusammenwirkenden Walzen sollte an den Druckflächen gleich sein; um indessen ein Umbiegen des Eisens um die Oberwalze zu verhindern, macht man den Durchmesser der oberen stets etwas (durchschnittlich 1,6 bis 3,3, aber auch bis zu 26 Millimeter) größer als den der unteren.

Die Konstruktion der Druckflächen erfolgt von einer Linie aus, welche Walzlinie genannt wird und den wirksamen Zwischenraum halbirt (Fig. 175). Die Differenz des Abstandes der Walzenachsen von der Walzlinie wird Oberdruck genannt. — Der Oberdruck bewirkt eine beschleunigte Umfangsgeschwindigkeit der Oberwalze, daher größere Streckung der Oberseite des Eisenstückes und in Folge dessen eine Biegung nach unten.

Die Walzenständer werden aus Guß-, seltener Schmiedeeisen hergestellt und bestehen entweder aus einem einzigen rahmenförmigen Stücke, oder besitzen eine abnehmbare Kappe (Kappenständer).

Fig. 176 auf Seite 266 stellt einen Kappenständer in der Ansicht, nur an der Kappe rechts als Durchschnitt, Fig. 177 denselben rechts in oberer Ansicht, links als Durchschnitt nach *AB* dar. Fig. 178 und 179 bilden einen Rahmenständer in derselben Weise ab.

Der Ständer wird zwischen zwei Leisten befestigt, welche mit der auf den Fundamenten verankerten Sohlplatte verbunden sind. Zwi-

Fig. 176.

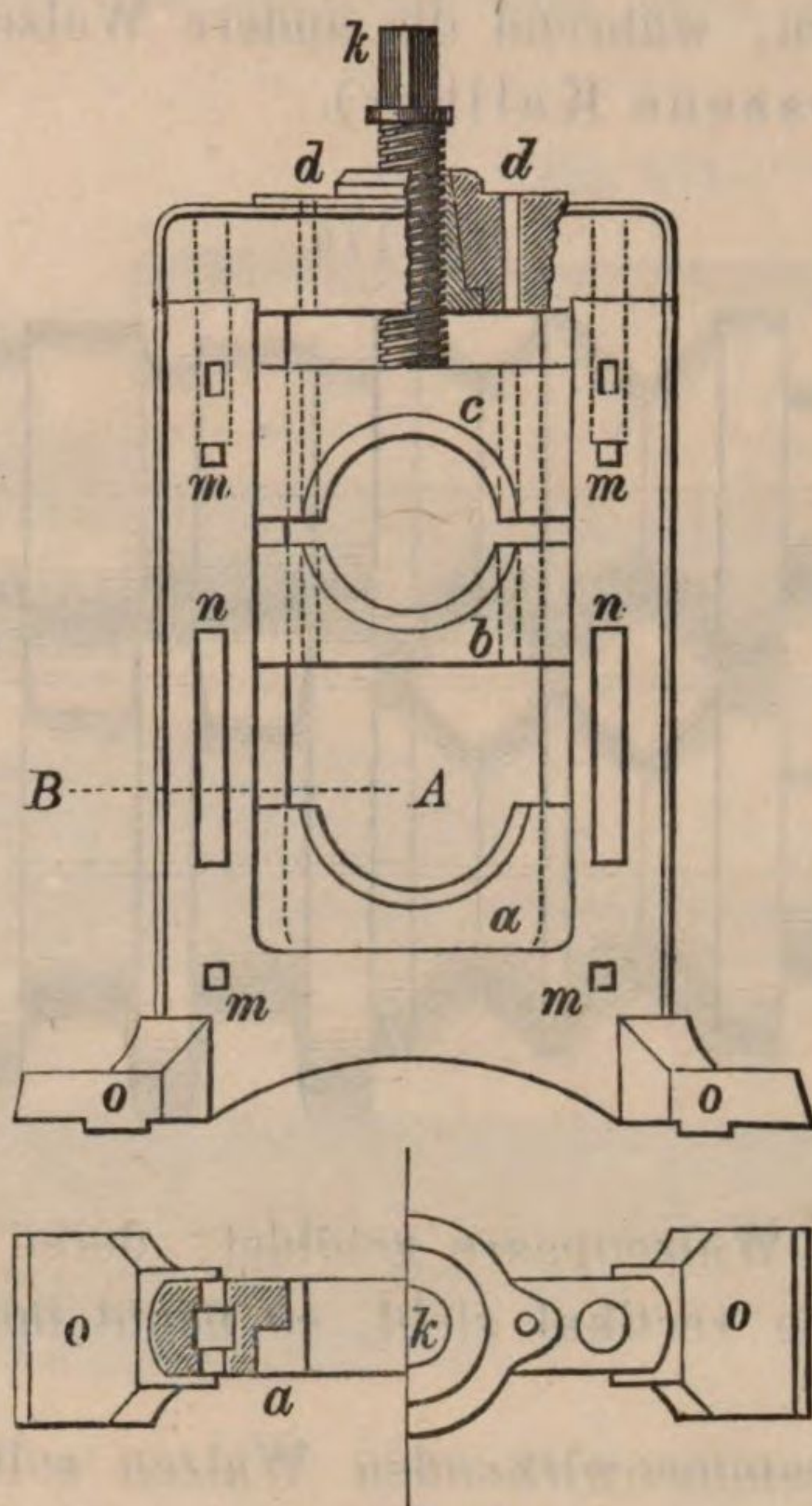


Fig. 177.

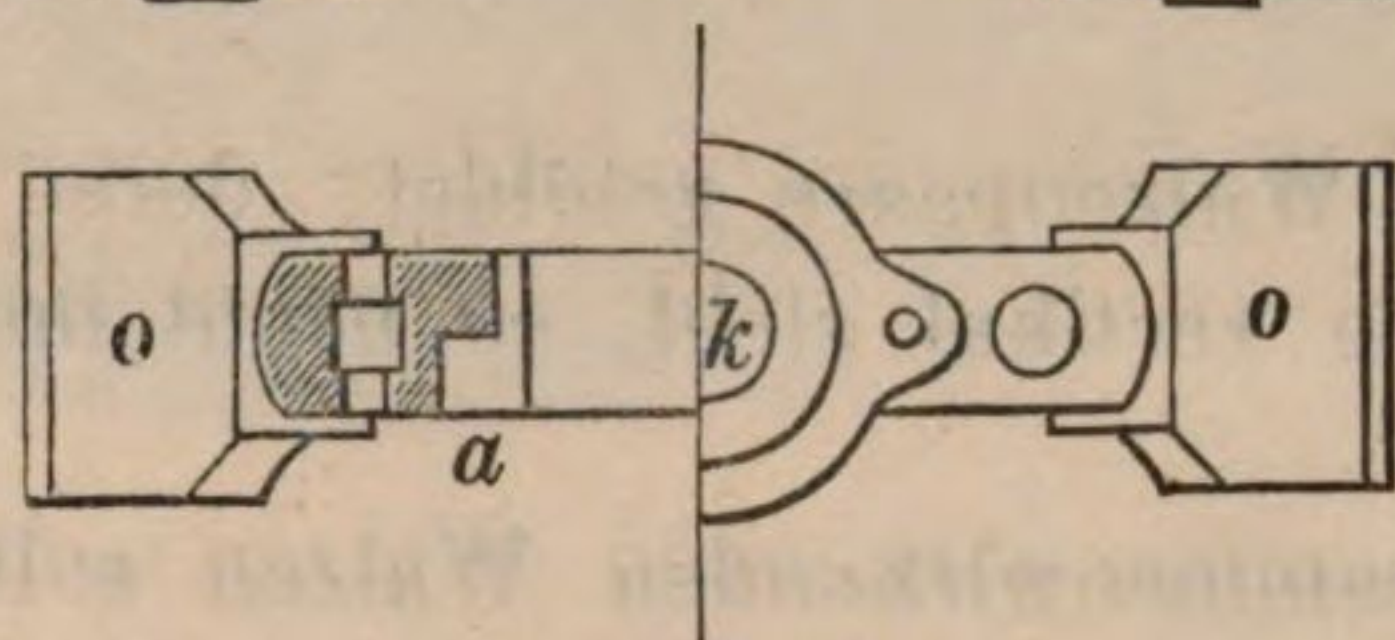


Fig. 178.

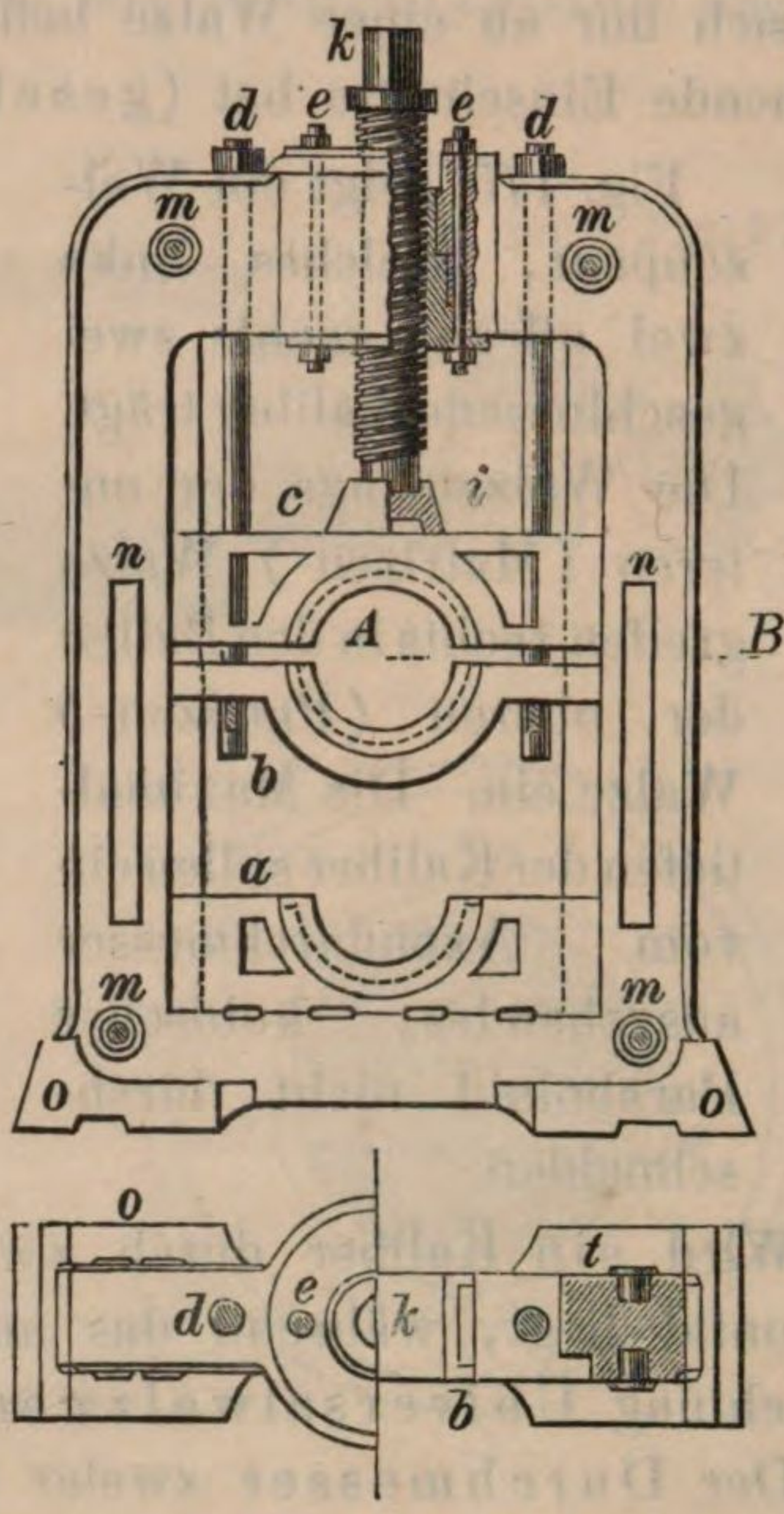
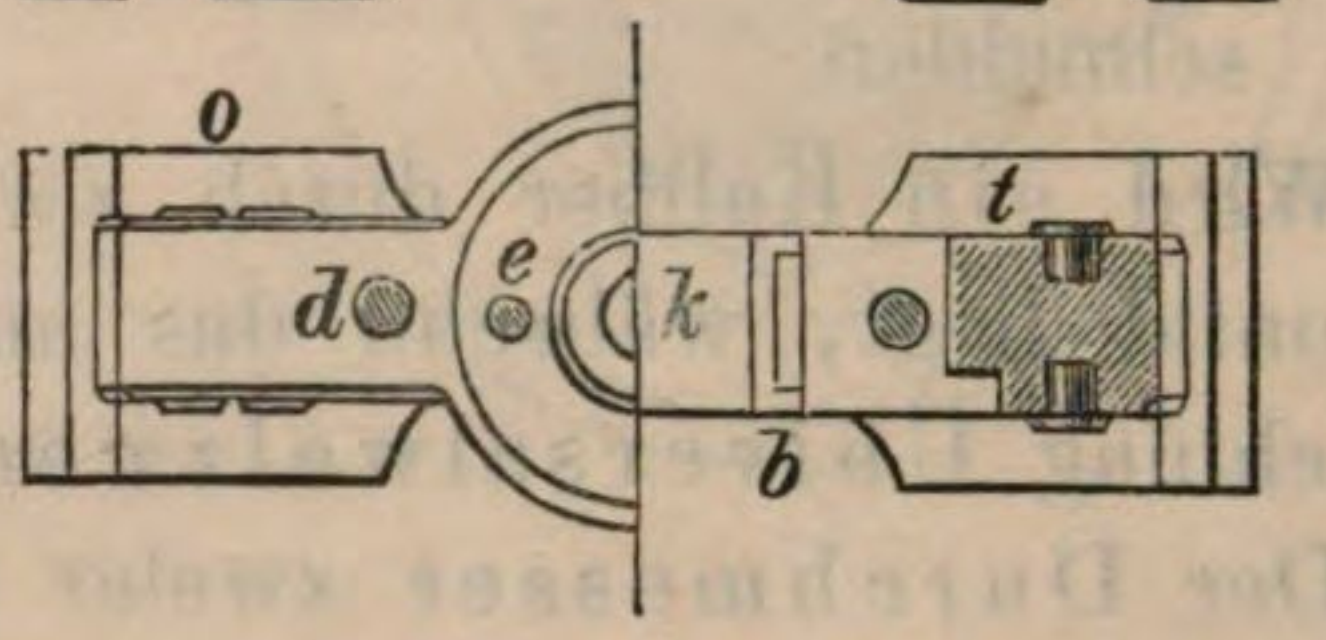


Fig. 179.



schen diese Leisten und die Nasen *o* werden Holzkeile geschlagen. Je zwei zu einem Gerüst gehörige Ständer sind durch Schraubenanker (*m*) mit einander verbunden. Das Lager *a* der Unterwalze ruht auf dem Ständer fest auf.

Die Unterwalze besitzt meist kein Oberlager.

Die beiden Lager (*b* und *c*) der Oberwalze werden durch stellbare Bolzen (*d*) getragen, welche in der Kappe des Ständers befestigt sind.

Wenn die Oberwalze durch Gegengewichte abbalancirt ist (z. B. bei Blechwalzwerken), bedarf die Oberwalze nur eines Oberlagers.

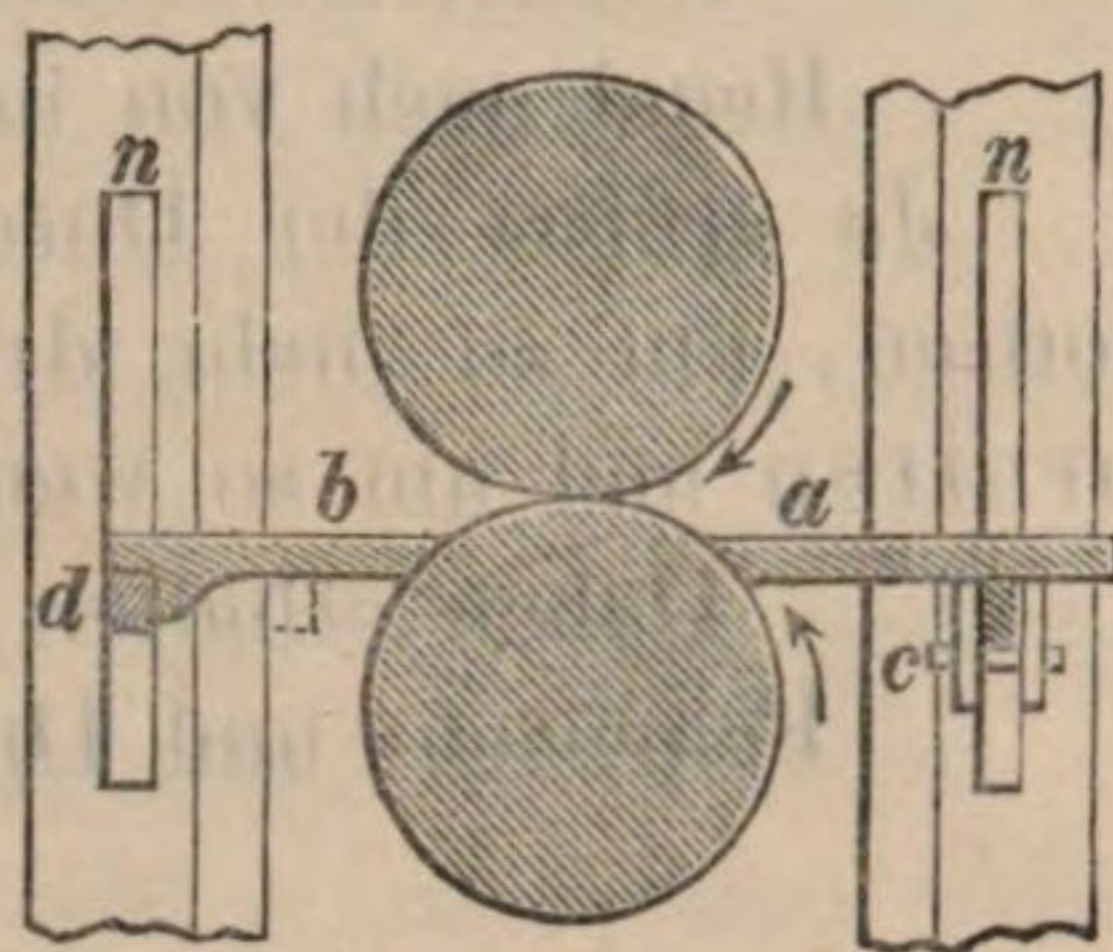
Das Oberlager (*c*) der Oberwalze wird durch eine Stellschraube (Druckschraube *k*) niedergedrückt, welche durch den mit einer Mutter versehenen und verstärkten mittleren Theil der Ständerkappe geht.

Um bei unvorgesehenen Widerständen den Bruch des Walzenzapfens zu verhindern, ist die Druckschraube von dem Lager durch einen Körper geringeren Widerstandes (den Brechbock oder die Brechkapsel *i*) getrennt. — Bei ungetheilten Ständern werden die Lager von innen eingesetzt und mit Stellschrauben *t* versehen; bei Kappenständern werden sie von oben eingesetzt und durch eine am Ständer befestigte Leiste unverstellbar festgehalten.

Die Ständer sind auf der der Walze zugekehrten Seite (Innenseite) mit Nuten *n* ausgerüstet, in welche die Träger für den Walzentisch, die Einlässe und Abstreifmeißel eingesetzt werden.

Diese Vorrichtungen sind in Fig. 180 abgebildet. *a* ist die auf den Trägern *c* ruhende Platte (Walzentisch, Walzenbank), auf welcher das Eisen zwischen die Walzen geführt (eingelassen) wird. Sie schließt sich der Form der Walze an. Zuweilen ist sie durch niedrige Wände in Abtheilungen (Einlässe) getrennt, auch wohl röhren- oder kastenartig geformt. *b* ist ein Abstreifmeißel, welcher das durchgewalzte Eisen verhindert, sich um die Unterwalze zu legen, und welcher sich mit einer scharfen Kante genau an die Walze anlegt.

Fig. 180.



Das Eisen, welches gewalzt wird, vermindert sein Volumen in Folge des Auspressens der Schlacke und der größeren Annäherung der Moleküle.

Die Volumenverminderung ist nur von wesentlichem Einflusse während des Schweißens; daher braucht auch nur bei der Konstruktion der Schweiß- oder Vorwalzen auf dieselbe Rücksicht genommen zu werden.

Das Eisen verändert seinen Querschnitt beim Walzen durch Ausdehnung in die Länge (Streckung) und in die Breite (Breitung).

Die Abnahme (Druck) der Druckflächenentfernung (Kaliberrhöhe) zwischen zwei Durchgängen desselben Eisenstückes durch die Walzen wird so groß als möglich genommen, um die dem Eisen inwohnende Hitze auszunutzen, ist indessen abhängig von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Eisens. Den größten Druck verträgt ein phosphorhaltiges (kaltbrüchiges) Eisen, geringer muß der Druck sein bei gutem sehnigen Eisen, bei Feinkorneisen, bei weichem Stahl, noch geringer bei schwefelhaltigem (rothbrüchigem) Eisen, am geringsten bei hartem Stahl (namentlich Fluß- und Gußstahl).

Das Abnahmeverhältniß zweier auf einander folgenden Kaliber schwankt der Regel nach zwischen $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{15}$.

Je heißer und je weicher ein Eisen ist, um so mehr wird es gestreckt und um so weniger gebreitet.

Ist ein Kaliber nicht durch Ringe begrenzt (wie bei Blechwalzen), so breitet sich das Eisen zu unregelmäßigen Zacken. Begrenzte Kaliber (wie bei Stabeisenwalzen) liefern scharfkantige Formen, wenn das Eisen sie ausfüllt. —

Die Breitung beträgt meist nicht über 0,5 — 4,5 Millimeter auf jede Streckung.

Die Breite des eingeführten Eisens kann niemals größer als die Breite des Kalibers sein.

Zur Erleichterung der Einführung erweitert man die Kaliber der Regel nach von innen nach außen.

Je größer der Durchmesser der Walzen ist und je langsamer sie rotiren, um so mehr drücken sie das Eisen zusammen, um so mehr breiten und um so weniger strecken sie.

Daher erhalten Schweißwalzen und Stahlwalzen den größten, Feineisen- und Drathwalzen den kleinsten Durchmesser.

Fünfunddreißigster Abschnitt.

Blechfabrikation.

Eisenblech*) wird durch Auswalzen schlackenfreier Eisenstücke im glühenden Zustande hergestellt.

Früher erzeugte man auch Blech durch Hämmern. Das Hammerblech fällt aber stets ungleich in Bezug auf die Stärke aus und ist daher kaum noch im Gebrauch; auch für ganz starke Bleche (Panzerplatten) hat man das Hämmern gegenwärtig ganz aufgegeben.

Das Luppeneisen, welches zur Blechfabrikation verwendet werden soll, wird zuerst durch Packetirung und Schweissarbeit gleichmäßig gemacht und zu einem Flachstabe ausgereckt. Der letztere wird sodann in Stücke zerschnitten, deren jedes das Gewicht des fertigen Bleches hat und durch Ausdehnung in der Breitenrichtung eine der Breite des fertigen Bleches entsprechende Länge erhält (Kreuzwalzen).

Bei Blecheisen, welches aus Schirbeln von Heerdfrisch-Stäben oder aus gegossenem Stahle (Fluss- oder Gufsstahl) hergestellt wird, fällt die Packetirung fort. — Sehr große Bleche werden zuweilen aus einem vorgehämmerten Eisenstücke (einer Bramme) hergestellt, welches bereits die Breite des fertigen Bleches erhalten hat. — Die stärksten Bleche werden durch Zusammenschweißen vorgewalzter Bleche erzeugt.

Die Bleche kühlen sich in Folge ihrer geringen Dicke schnell ab, können daher nur selten in einer Hitze ihre Vollendung erhalten, werden außerdem auch durch das Walzen spröde. Sie müssen deshalb ein oder mehrere Male von Neuem erhitzt (geglüht) werden.

*) Karmarsch, Technologie I., S. 166. Karsten, Eisenhüttenkunde IV., S. 373. Hauer, Hüttenwesenmaschinen.

Das Glühen des Bleches erfolgt meist in Flammöfen, selten in Heerdöfen, für ganz schwache Bleche in geschlossenen Gefäßen.

Die Flammöfen zum Glühen des Eisenbleches werden mit einer die ganze Breite des Heerdes einnehmenden Arbeitsthür an der der Feuerung entgegengesetzten Seite versehen.

Die Gröfse des Heerdes ist lediglich von den Dimensionen der Bleche abhängig. — Die Bleche liegen nicht auf dem gemauerten oder aus Sand hergestellten Heerde auf, sondern ruhen hohl auf Leisten von Eisen oder feuerfesten Steinen. — Selten werden zwei oder drei Heerde übereinander angelegt.

Der Rost nimmt die ganze Breite des Ofens ein und wird bei grofser Ausdehnung von zwei Seiten beschickt (Doppelrost). — Die stets reduzierend gehaltene Flamme schlägt unter dem niedrigen Gewölbe hin und zieht an der Arbeitsöffnung in den aufwärts, besser abwärts, seltner seitwärts führenden Fuchs. — Zuweilen wird der Glühofen mit zwei seitwärts vom Heerde liegenden Feuerungen versehen, welche ihre Flamme in einen im Scheitel des Gewölbes liegenden Fuchs entsenden, und hat dann zwei sich gegenüber liegende Arbeitsthüren. — Gasöfen mit Regeneratoren eignen sich am besten zum Glühen der Bleche, weil sie eine gleichmäfsige Hitze bei reduzierender Flamme zu geben gestatten.

Die Heerdöfen heizt man der Regel nach mit Steinkohlen; die letzteren werden auf den Rost, welcher die Gröfse des ganzen Ofens einnimmt, roh aufgeschüttet und abgeflammt. Die so erzeugten glühenden Koks dienen als unmittelbare Unterlage für das Blech, welches nur um sich nicht zu verbiegen auch auf eisernen Leisten aufliegt.

Die geschlossenen Gefäße, welche zum Glühen ganz schwacher Bleche angewendet werden, bestehen aus Gufseisen, haben einen von der Blechgröfse abhängigen rechtwinkligen Horizontalquerschnitt und einen eben solchen von der Menge und Stärke der gleichzeitig zu glühenden Bleche abhängigen Vertikalquerschnitt. Sie werden nach der Besetzung mit eisernen, luftdicht schließenden Deckeln versehen und in Flammöfen geglüht, deren Heerd in dem Niveau der Hüttensohle liegt. Jeder Ofen nimmt eine gröfsere Zahl der eisernen Kästen (Töpfe) gleichzeitig auf und wird durch Verbrennung von flammendem Brennmaterial auf einem oder mehreren Rosten erhitzt.

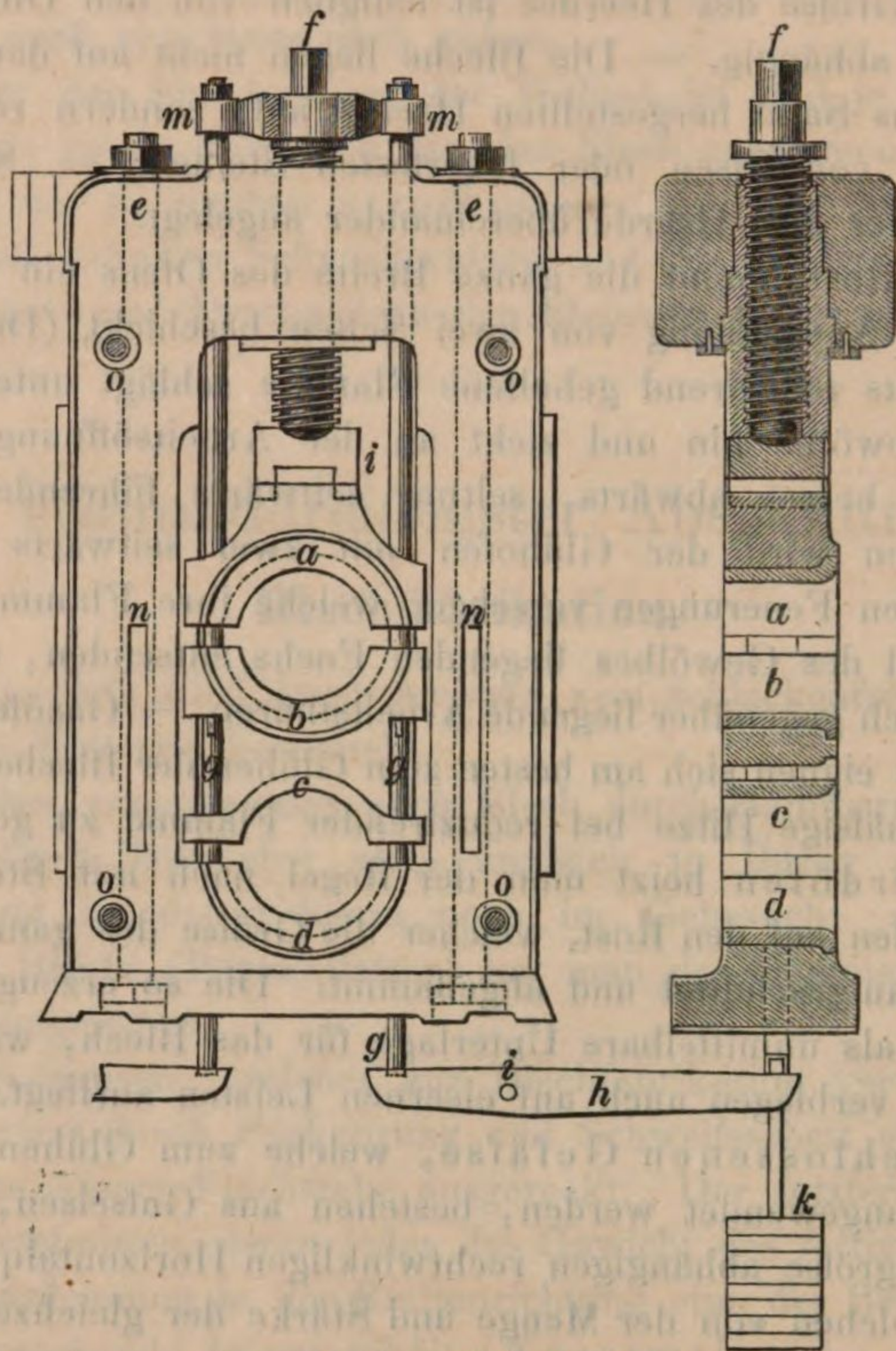
Die Blechwalzwerke besitzen eine leicht stellbare Oberwalze, deren Gewicht ganz oder zum gröfsten Theile durch Gegengewichte abgeglichen ist. Im letzteren Falle liegt sie beim Leergange auf der Unterwalze auf. Ihre höchste Stellung wird stets durch die Druckschrauben *) begränzt.

*) Vergl. Seite 266.

Bei älteren Blechwalzwerken wurde allgemein die Oberwalze nur durch Reibung mitgenommen (Schleppwalzen); bei neueren Anlagen findet der Regel nach eine Bewegungsübertragung durch Getriebe statt.

Fig. 181.

Fig. 182.



In Fig. 181 und 182 ist ein Blechwalzenständer in Ansicht und Vertikalschnitt abgebildet. Der gußeiserne Ständer ist durch die schmiedeisernen Bolzen *ee* verstärkt. Die Unterlager *b* der Oberwalze sind vermittelt der Stangen *gg* und der Traverse *mm* an der Stellschraube *f* aufgehängt. — Die die Stangen *gg* emporschiebenden Gegengewichte dienen hier nur dazu, die Drehung der Stellschraube zu erleichtern. In anderen Fällen bleiben die Oberstangen und die Traverse fort; sind dann die Gegengewichte *k*, welche an dem doppelarmigen Hebel *h* aufgehängt sind, leichter als die Walze, so schleppt diese und wird nur während der Arbeit gegen die Stellschraube gedrückt.

Die Walzen müssen zur Erzeugung eines überall gleich starken Bleches in jeder Stellung genau parallel liegen. Es werden daher die Stellschrauben auf beiden Seiten durch einen Mechanismus bewegt.

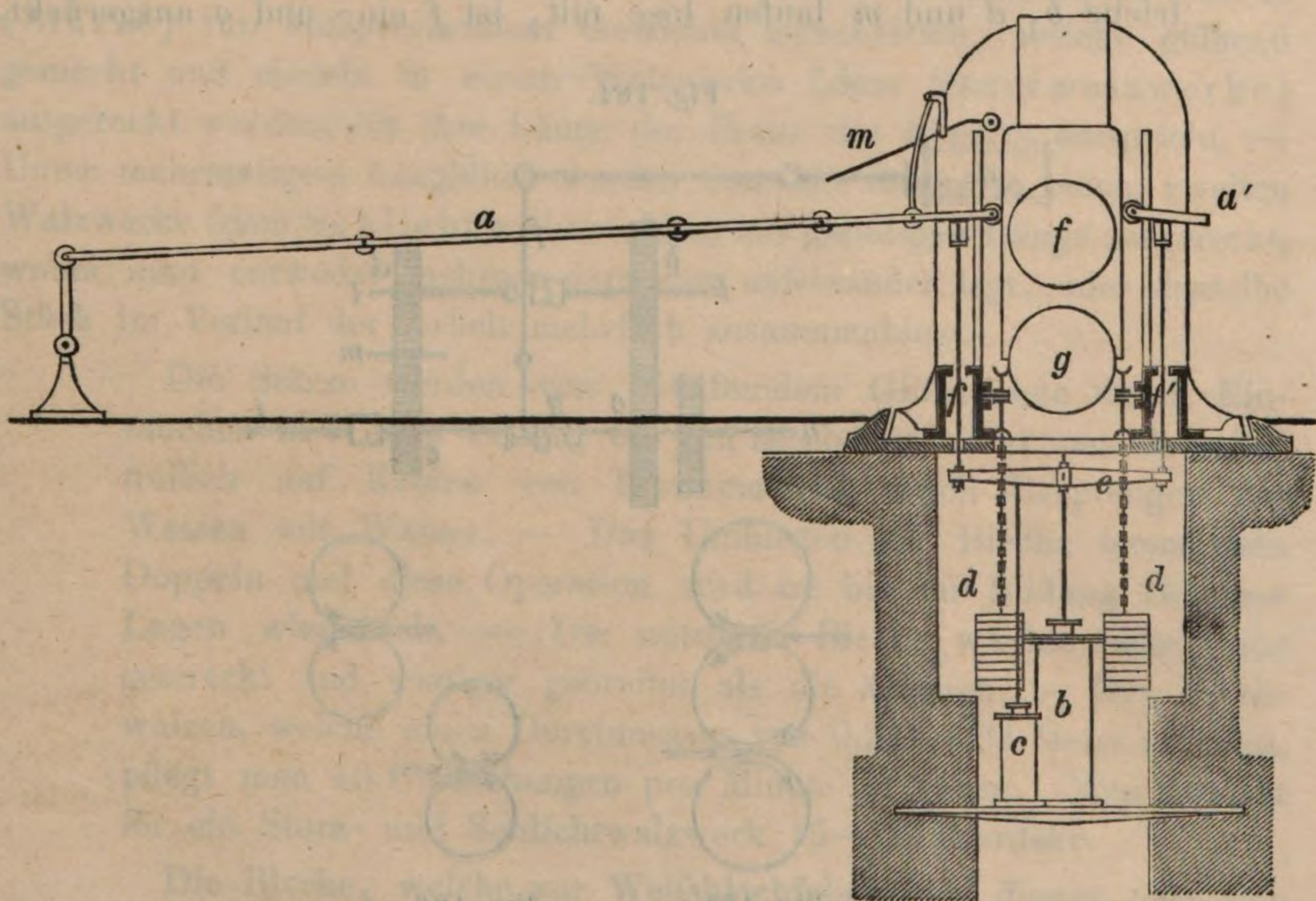
Die Spindeln der Stellschrauben sind zu diesem Zwecke der Regel nach am oberen Ende mit Getrieben versehen, in welche zwei an einer horizontalen Welle befindliche Wurmräder eingreifen; oder die eine Stellschraube ist rechts, die andere links geschnitten und beide werden durch ein über der Mitte des Walzwerks liegendes Getriebe umgedreht; mitunter werden Keile zur Stellung benutzt. — Kommt es auf äußerst genaues Walzen an, so trennt man wohl die beiden Stellschrauben und bewegt jede für sich durch die Hand, während die Dicke des Bleches nachgemessen wird.

Große und schwere Bleche lassen sich nur schwierig mit der Hand über die Oberwalze zurückführen; man wendet daher zum Ueberheben mechanische Mittel an, oder ändert die Umdrehungsrichtung der Walzen.

Zum Ueberheben dienen mit Rollen versehene Tische, welche meist durch Dampfkraft gehoben und gesenkt werden.

Eine solche Hebevorrichtung zeigt Fig. 183. *a* ist der mit Rollen versehene Gittertisch, von welchem die durch die Walzen

Fig. 183.



gegangenen Bleche auf den Einlafstisch a' geschoben werden. Beide Tische sind durch die Gegengewichte dd abbalancirt und werden gleichzeitig durch den Dampfkolben in b gehoben, welcher mit Handsteuerung c versehen ist. f und f' sind die Walzentische, welche die Abstreifmeißel tragen. — Das abgebildete Walzwerk führt auch an der Oberwalze bewegliche Abstreifmeißel m . —

Oft wird der Dampfcyylinder für die Hebevorrichtung über dem Walzwerke angebracht. Zuweilen hebt man den Tisch durch ein Seil, welches um den Walzenzapfen geschlungen und mit der Hand angezogen wird, wenn es wirken soll.

Die Umdrehung der Walzenbewegung erfolgt theils durch unmittelbare Umkehrung des Ganges der Dampfmaschine, theils durch Umsetzung der Bewegung bei fortlaufendem Gange der Maschine in demselben Sinne.

Im ersteren Falle steuert man mit Coulissee durch die Hand oder durch einen besonderen Dampfcyylinder um und läßt das Schwungrad fort. — Im zweiten Falle greift entweder ein Winkelgetriebe bald rechts, bald links in ein auf der Walzenwelle befindliches Getriebe ein, oder die Bewegung wird durch eine Fünf-Räder-Getriebeübersetzung auf die Walzen übertragen.

Das letztere Verfahren veranschaulicht Fig. 184. f und g sind Klauenkuppelungen; hi ist die Betriebs- und Walzenwelle. Ist g eingerückt, so wird die Walze direkt bewegt und die Getriebe b , d und m laufen lose mit, ist f ein- und g ausgerückt,

Fig. 184.

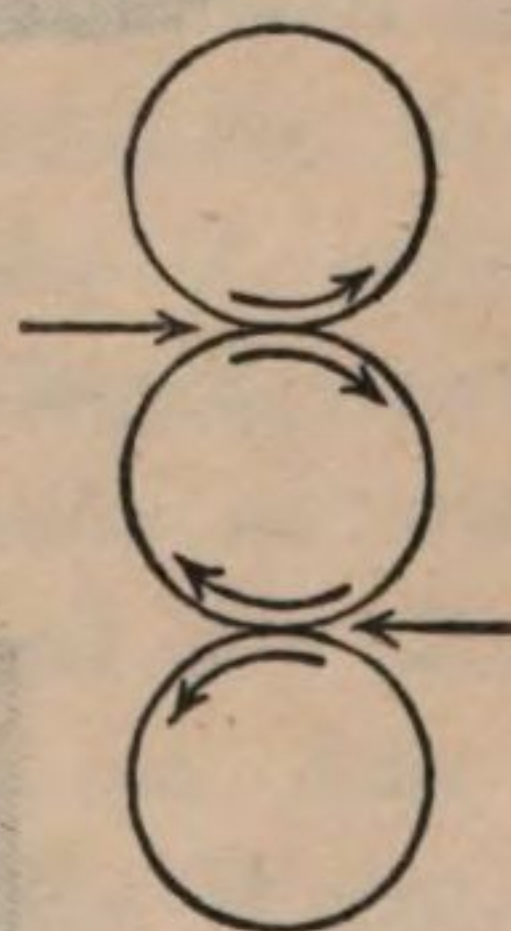
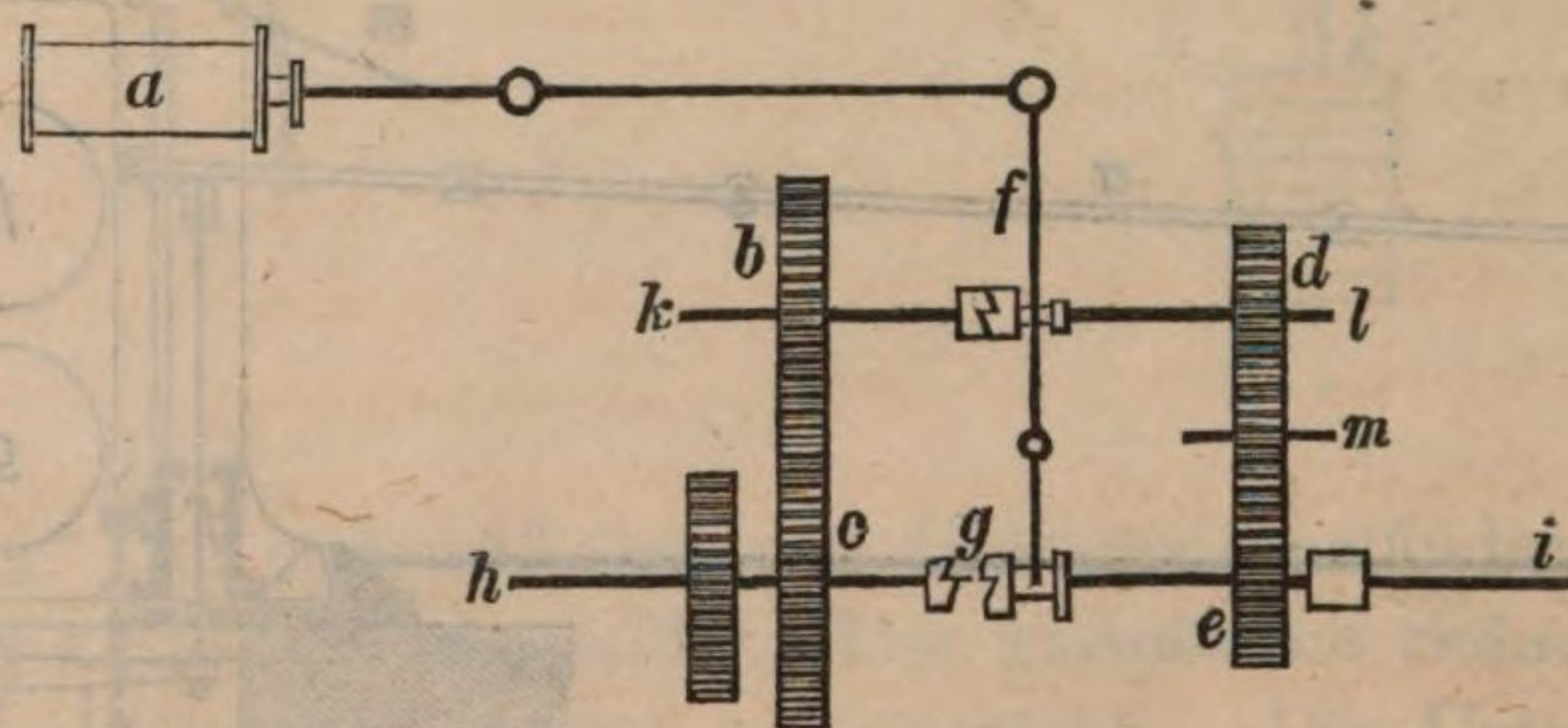


Fig. 185.

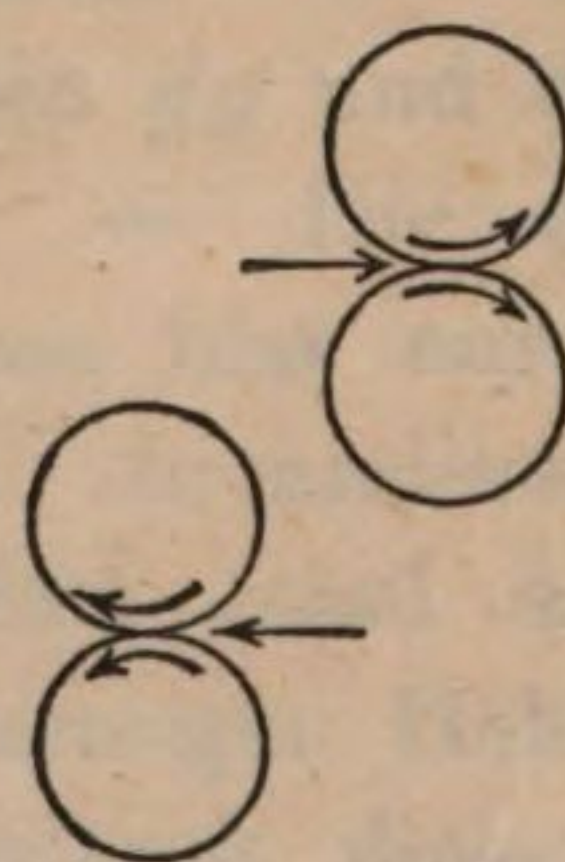


Fig. 186.

so wird die Bewegung von c auf b und von dort durch d , m und e in umgekehrtem Sinne auf die Walzenwelle fortgepflanzt.

Um sowohl das Ueberheben, als auch die Umdrehung der Walzenbewegung zu vermeiden, wendet man drei übereinander liegende (Fig. 185 auf Seite 272) oder zwei Paare in verschiedenem Horizonte hintereinander liegenden Walzen von entgegengesetzter Umdrehungsrichtung (Fig. 186 auf Seite 272) an.

Das Dreiwalzensystem ist für Blechfabrikation nur schwierig anwendbar und erfordert, ebenso wie das Vierwalzensystem, noch eine wenn auch geringe Hebung des Eisens.

Man belegt die Bleche nach ihrer Gröfse, namentlich nach ihrer Stärke mit verschiedenen Namen:

Schwarzblech (Sturzblech) heißen die schwächsten, Kesselblech die mittleren, Panzerplatten die stärksten Bleche.

Kesselblech hat etwa 5—18 Millim. Stärke. — Die Schwarzbleche gehen bis auf 0,017 Millim. Stärke hinab, die Panzerplatten bis auf 209 Millim. hinauf. — Unterabtheilungen werden im Handel vielfach nach der speziellen Verwendung gemacht.

Schwarzblech.

Ausgewalzte Stäbe werden zur Schwarzblechfabrikation in Stücke (Stürze) von entsprechendem Gewichte zerschnitten, welche glühend gemacht und einzeln in einem Walzwerke (dem Sturzwalzwerke) ausgereckt werden, bis ihre Länge der Breite des Bleches entspricht. — Unter mehrmaligem Ausglühen werden dann die Stürze in einem zweiten Walzwerke (dem Schlichtwalzwerke) zur gehörigen Länge ausgereckt, wobei man entweder mehrere derselben aufeinander legt, oder dasselbe Stück im Verlauf der Arbeit mehrfach zusammenbiegt.

Die Stürze werden von anhaftendem Glühspahne durch Eintauchen in Wasser befreit; bei den Blechen erreicht man dasselbe, freilich auf Kosten von Brennmaterial durch Besprengen der Walzen mit Wasser. — Das Umbiegen der Bleche nennt man Doppeln und diese Operation wird oft bis zur Bildung 16facher Lagen wiederholt. — Die mittleren Bleche werden stets mehr gestreckt und weniger gebreitet als die äufseren. — Den Blechwalzen, welche einen Durchmesser von 0,23—0,34 Meter erhalten, pflegt man 40 Umdrehungen pro Minute zu geben. Man braucht für ein Sturz- und Schlichtwalzwerk 15—20 Pferdekraft.

Die Bleche, welche zur Weißblechfabrikation dienen oder eine vorzüglich glatte Oberfläche zeigen sollen, werden schliesslich mit

verdünnter Schwefelsäure abgebeizt, nochmals in verschlossenen Töpfen geglüht, langsam abgekühlt und unter gehärteten Stahlwalzen im kalten Zustande fertig gemacht.

Kesselblech.

Kesselbleche stellt man aus Brammen her, welche aus Rohstäben unter dem Hammer zusammengeschweißt sind und welche zum Theil zwar sogleich die Breite des fertigen Bleches erhalten, gewöhnlich indessen zuvörderst bis zur Breite des Bleches, dann erst in die Länge ausgewalzt werden. Für schwerere Bleche bildet man die Packete aus zwei doppelt geschweißten Deckbrammen und Rohschieneneinlage; zur Herstellung der schwersten Bleche schweißt man zwei oder mehrere bereits in die Breite gewalzte Bleche unter den Walzen zusammen und streckt sie auf die erforderliche Länge aus.

Die durchschnittlichen Dimensionen der Kesselbleche sind 1100 Millim. Länge, 590 Millim. Breite, 10 Millim. Stärke; zuweilen wächst indessen die Breite auch auf 1, sogar 2 Meter und darüber. Mit der Breite nimmt in Folge der wachsenden Elasticität der Walzen die Schwierigkeit der Herstellung bedeutend zu.

Die Kesselblechwalzwerke sind stets mit Vorrichtungen zum Ueberheben oder zum Umdrehen der Walzenbewegung *) versehen. Die Walzen machen bei einem Durchmesser von 0,34—0,60 Meter 25—35 Umdrehungen. Die Länge der Walzen verhält sich zur Breite des Bleches bei großen Dimensionen wie 1 : 1,1, bei geringeren Dimensionen wie 1 : 1,3.

Man verwendet Maschinen von durchschnittlich 60—80 Pferdekraft.

An Abbrand und an Abschnitten (welche wieder verworthen werden) rechnet man von der Bramme an 17—25 %. Auf 100 Kil. Blech werden 140—180, durchschnittlich 175 Kil. Roheisen verbraucht.

Auf 100 Kil. geschmiedete Brammen braucht man vom Zängen an 300 Kil. Steinkohlen und ebensoviel zur Fertigstellung des Bleches.

Das fertig gewalzte Kesselblech wird mit hölzernen Hämmern auf einer gußeisernen Unterlage geglättet.

Panzerplatten.

Panzerplatten, welche hauptsächlich zur Bekleidung von Kriegsschiffen benutzt werden, erhalten Dimensionen von durchschnittlich 7,8 Meter Länge, 1,4 Meter Breite, 0,11—0,13, aber auch bis 0,2 Meter Stärke.

*) Vergl. Seite 272.

Eine Panzerplatte wiegt gewöhnlich 12000—15000 Kil.

Luppen von (ca. 40 Kil.) sehnigem Eisen werden zu Brammen ausgehämmert, deren je 5 zusammengeschweißt ein Blech geben; je 3—5 solcher Bleche werden abermals zu einem Bleche ausgewalzt, welches annähernd die Dimensionen der fertigen Platte hat. 3—5 der letzteren werden endlich auf einander gelegt, in Schweißhitze gebracht und dann mittelst mechanischer Vorrichtungen aus dem Ofen und zum Walzwerke gezogen, welches sie einige Male durchlaufen.

Es findet bei der letzten Operation hauptsächlich eine Schweißung, weniger eine Streckung statt. Der Schweißofen hat zwei an den Längsseiten liegende durchgehende Rostfeuerungen. Die Bleche liegen durch feuerfeste Steine getrennt einzeln hohl und werden erst kurz vor dem Ausziehen vereinigt.

Die Vorwalzen erhalten 0,63, die Fertigwalzen 1,6 Meter Durchmesser; erstere machen 20, letztere 10—12 Umdrehungen.

Das fertig gewalzte Blech wird mit einer ca. 5000 Kil. schweren eisernen Rolle geglättet.

Das Beschneiden der Bleche.

Die Bleche erhalten in Folge des ungleichförmigen Widerstandes der einzelnen Eisentheile gegen das Zusammendrücken sowohl in der Richtung der Streckung (der Längsrichtung), als in der Richtung der Breitung unganze Ränder. Sie werden von diesen durch Beschneidung mit Scheeren befreit.

Nur ganz starke Bleche (Panzerplatten) werden mit Stofs- oder Hobelmaschinen bearbeitet.

Die Scheeren *) zerfallen in Maul- oder Backenscheeren, deren eine Schneide feststeht, während die andere um eine horizontale Axe schwingt, in Parallelscheeren, bei denen gleichfalls eine Schneide feststeht, während die andere senkrecht auf- und niedergeht, und in Cirkularscheeren, bei welchen sich die Schneiden am Rande zweier rotirenden Scheiben befinden.

Die Schneiden bestehen aus Stahl und lassen sich auswechseln.

Die inneren Flächen der Schneiden sind vertikal und schließen dicht aneinander, die äußeren steigen mit einer Neigung von 14—18° an.

Die Maul- oder Backenscheeren dienen zum Beschneiden mittlerer Blechsorten, namentlich stärkerer Schwarzbleche. Die bewegliche Schneide ist an einem zweiarmigen, geraden oder Winkel-Hebel befestigt

*) Hauer, Hüttenwesensmaschinen Seite 273.

und gewöhnlich von dem Motor des Walzwerkes aus durch Excentrik oder Kurbelwelle bewegt.

Eine derartige Blechscheere macht 15 — 20 Schnitte in der Minute.

Fig. 187.

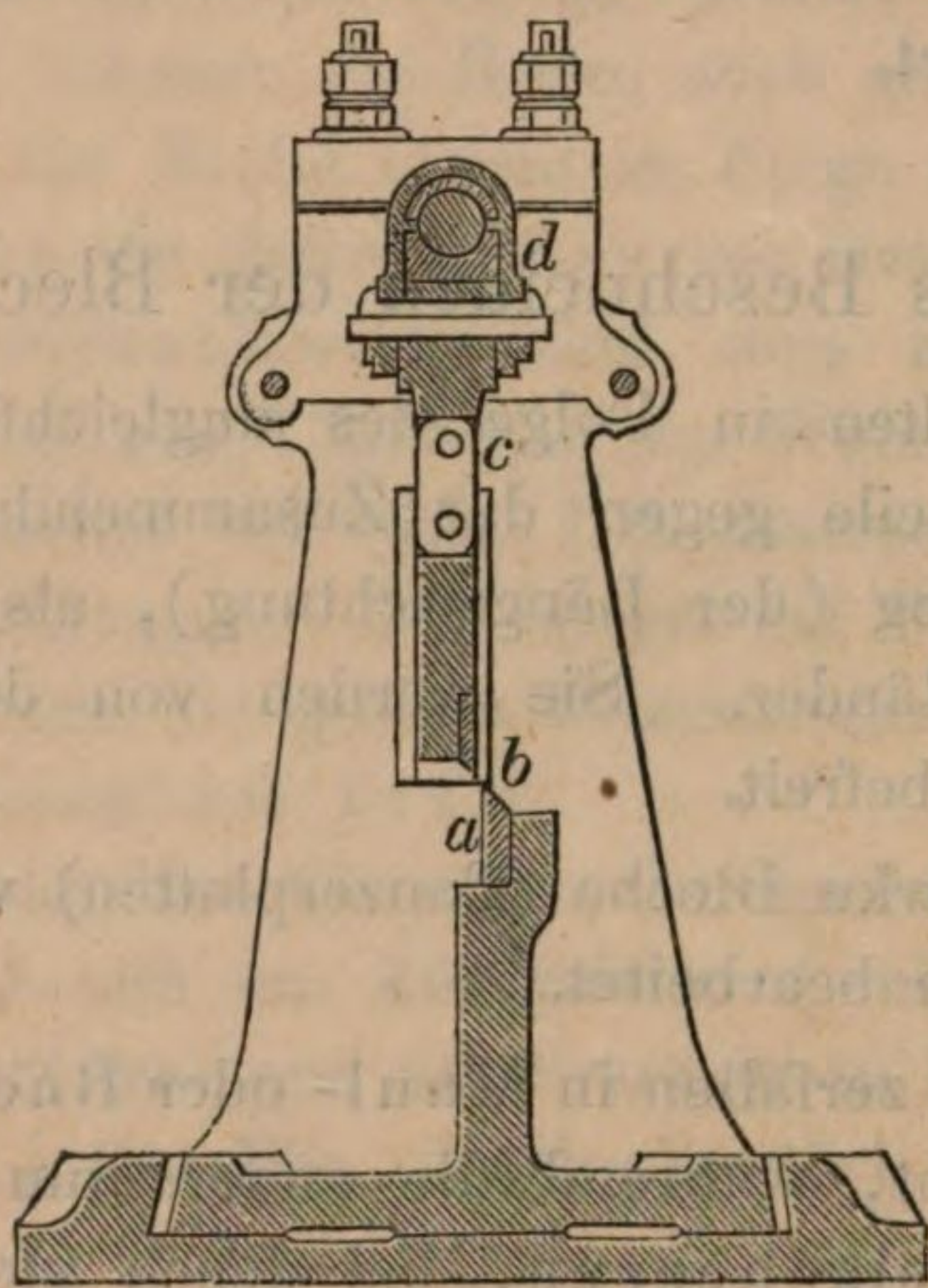
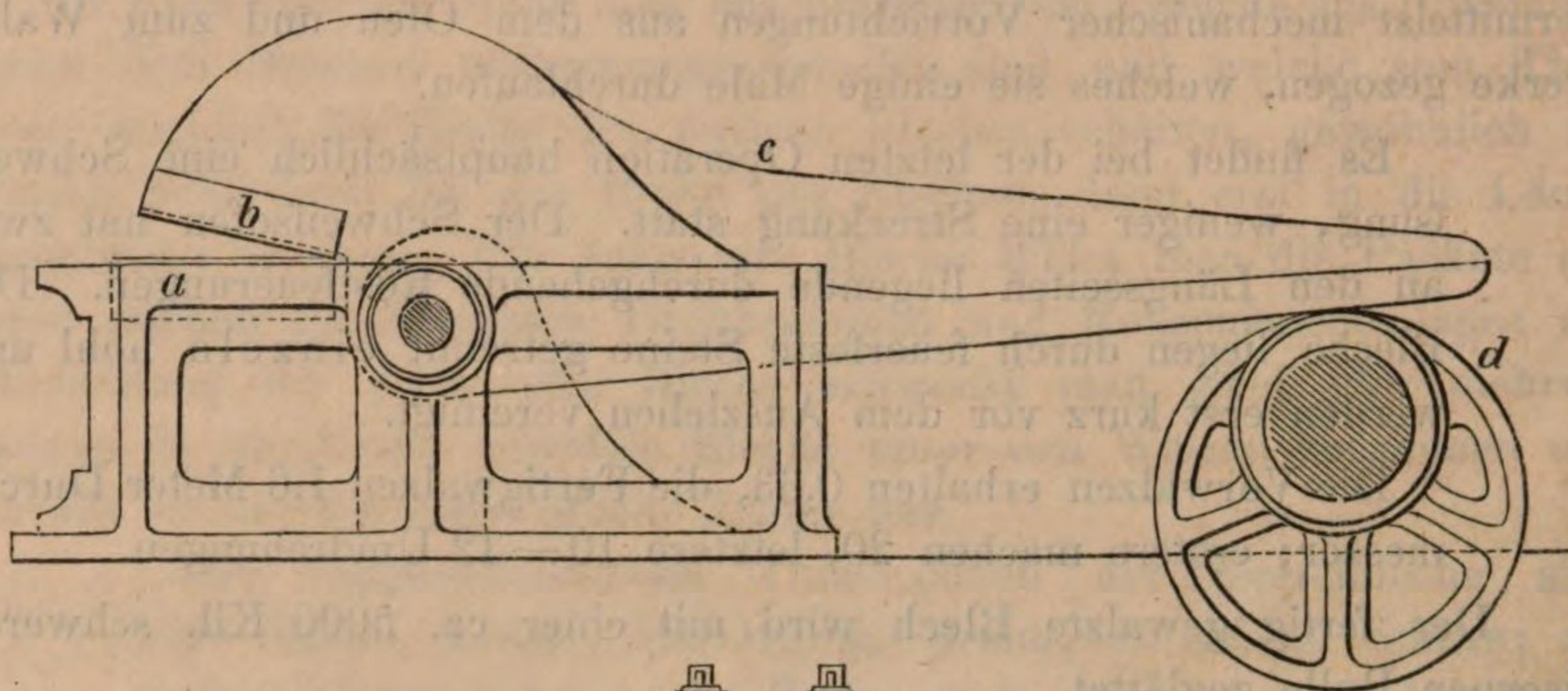


Fig. 188.

In Fig. 187 ist eine durch Excentrik *d* bewegte Backenscheere abgebildet, bei welcher die feststehende Schneide mit *a*, die bewegliche mit *b* bezeichnet ist. Der Widerstand des Bleches gegen das Zerschneiden wird von dem Drehungszapfen aufgenommen.

Die Parallelscheeren dienen zum Beschneiden der stärkeren Bleche, werden indessen auch für feinere Bleche benutzt, wenn es auf Genauigkeit des Schnittes ankommt. Die bewegliche Schneide wird in einem Rahmen vertikal durch Kurbelstangen bewegt und erhält behufs allmäliger Ausführung des Schnittes eine Neigung gegen den Horizont von $7-8^{\circ}$, bei sehr breiten Scheeren von nur $3-4^{\circ}$.

Um das Blech vor jedem Schnitte genau einlegen zu können, wird die Oberschneide unabhängig von der Motorwelle gemacht und durch Gegengewichte abbalancirt. Soll sie wirksam werden, so stellt man durch bewegliche Zwischenstücke die Verbindung her.

Eine Parallelscheere macht meist nur 6—12 Schnitte pro Minute, und erhält eine den Blechdimensionen entsprechende Breite, indessen selten über 3 Meter. Für längere oder breitere Bleche muß man sich daher der Maulscheere bedienen. Fig. 188 stellt eine Parallelscheere im Vertikalquerschnitte dar. *a* ist die feststehende, *b* die bewegliche Schneide, *d* das an der rotirenden Welle befestigte Excentrik, *c* das nur beim Schneiden eingesetzte Zwischenstück.

Die Parallelscheeren werden durch eine besondere Dampfmaschine, selten durch Riemenübertragung von der Walzwerksmaschine aus betrieben. Häufig wird die zu einem Schnitte nöthige Arbeit in der Zwischenzeit durch ein Schwungrad aufgesammelt.

Die Schwungräder werden meist 750 — 1500 Kil. schwer genommen.

Cirkularscheeren werden besonders zum Beschneiden schwacher und langer Bleche benutzt. Das Blech, welches bei den Backen- und Parallelscheeren auf einem Tische fest aufliegt, wird hier auf einem Wagen durch die Scheere geführt.

Die Scheiben, welche theils ganz aus Stahl bestehen, theils nur mit verstärktem Rande versehen sind, erhalten 15 bis 32 Centimeter Durchmesser und greifen 6 bis 13 Millimeter übereinander. Sie erhalten eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 0,038 — 0,052 Meter in der Sekunde.

Der Arbeitsaufwand einer Scheere in Meterkilogrammen berechnet sich nach der Formel $A = \frac{Q\delta}{100}$, worin *Q* den Widerstand des Bleches (für Schmiedeisen bei einer Blechbreite *b* und parallelen Schneiden: $= 49,5 b \delta$ Kilogramm, bei einem Schneidewinkel α : $= 49,5 \delta^2 \cotg \alpha$) und δ die Dicke des Bleches in Millimetern bedeutet. *)

*) Ingenieurs Taschenbuch 1871. S. 497.

Sechsunddreißigster Abschnitt.

Stabeisenfabrikation.

Das Stabeisen, welches in seinem Querschnitte ringsum bestimmt begränzt sein muß und nur an den Enden in seiner Längserstreckung unregelmäßig verlaufen darf, wird in kalibrierten Walzen hergestellt, deren Lage unveränderlich bleibt.

Man fertigt das Stabeisen aus Packeten von rechteckigem Querschnitte, welche, nachdem sie im Schweißsofen erhitzt sind, direkt unter die Walzen gehen und in einer Hitze bis zum erforderlichen Querschnitte ausgewalzt, nur selten vorher gehämmert oder zwischen der Walzoperation nochmals erhitzt werden.

Gehämmertes Stabeisen wird nur noch in geringen Mengen und dann immer aus Heerdfrischdeulen hergestellt. — Packete von nicht rechteckigem Querschnitte *) finden nur bei der Herstellung großer Façoneisen Anwendung.

Man unterscheidet Rohschienen und geschweißtes Eisen und versteht unter ersteren die Stäbe, welche unmittelbar aus den gezängten Luppen hergestellt werden und immer nur ein Zwischenprodukt bilden, während das letztere ein oder mehrere Male im Schweißsofen gewesen ist.

Man versteht unter erster Schweißung diejenige, welche beim Zängen der Luppen stattfindet und nennt daher ein einmal durch den Schweißsofen gegangenes Eisen zweimal geschweißt u. s. w. **)

Das Stabeisen theilt man in Stabeisen im engeren Sinne des Wortes, d. h. Eisen von kreis- oder ovalförmigem, quadratischem, oblongem oder polygonem Querschnitte, und in Façoneisen, d. h. Eisen von unregelmäßigem, theils symmetrischem, theils unsymmetrischem Querschnitte.

Das eigentliche Stabeisen zerfällt nach seinen Querschnittsdimensionen in Grob- und Feineisen. Endloses Stabeisen nennt man dasjenige, welches die Form eines Ringes hat.

Rohschienen.

Die in Kolbenform gehämmerten oder gequetschten Luppen werden der Regel nach durch Walzen in Flachstäbe übergeführt. Die Vollen- dung ***) des Zängens erfolgt in Kalibern, welche durch vier Kreisbogen

*) Vergl. Seite 259.

**) Vergl. Seite 260.

***) Vergl. Seite 222.

begrenzt sind (Spitzbogenkaliber), die Ueberführung in den oblongen Querschnitt in Flachkalibern von abnehmender Höhe und zunehmender Breite.

Die ganze Reihe von Kalibern ist meist auf zwei Walzenpaare vertheilt, seltner in einem vereinigt. Zuweilen werden drei Walzen über einander angeordnet, um das Ueberheben zu vermeiden.

Fig. 189.

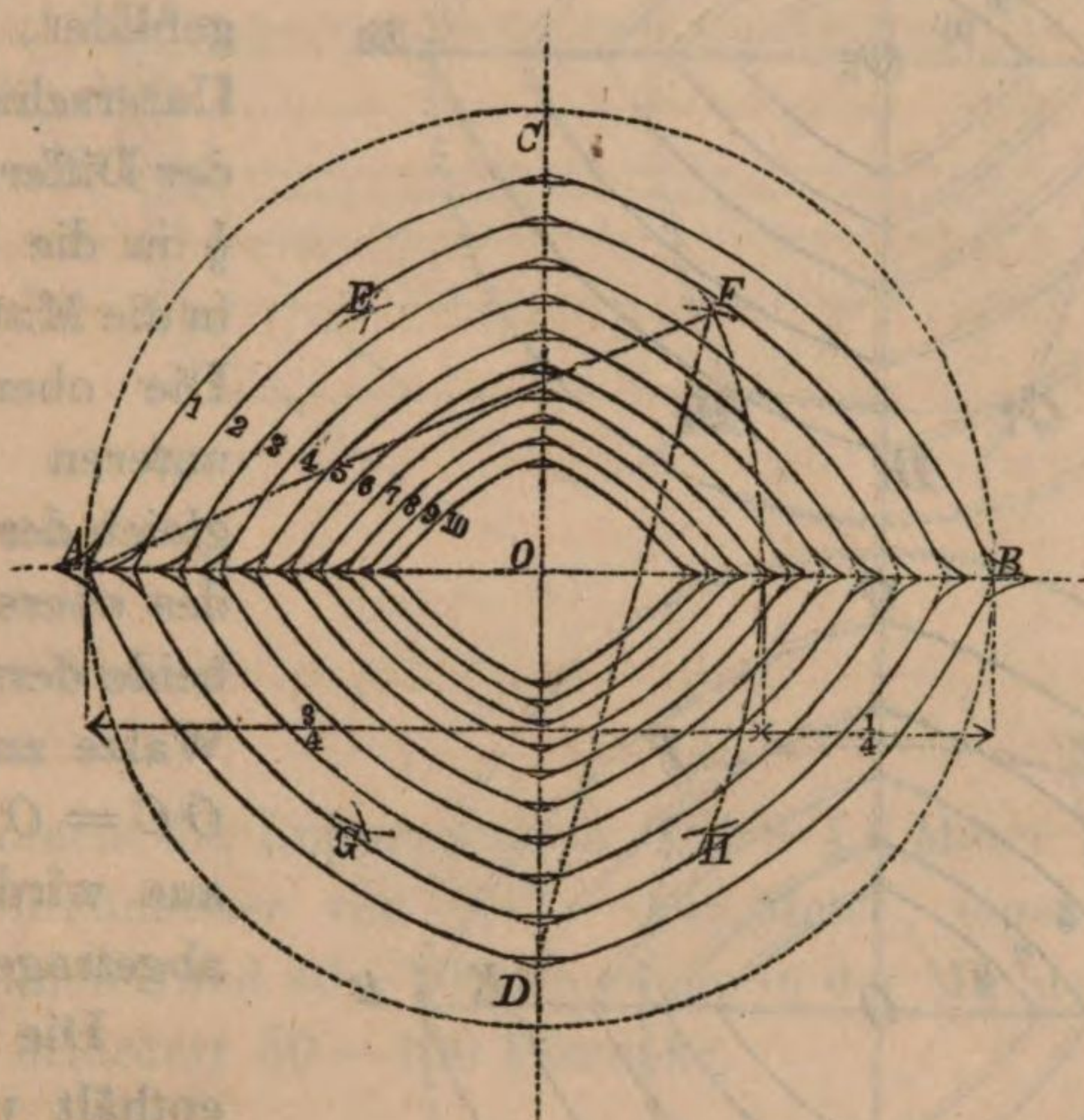
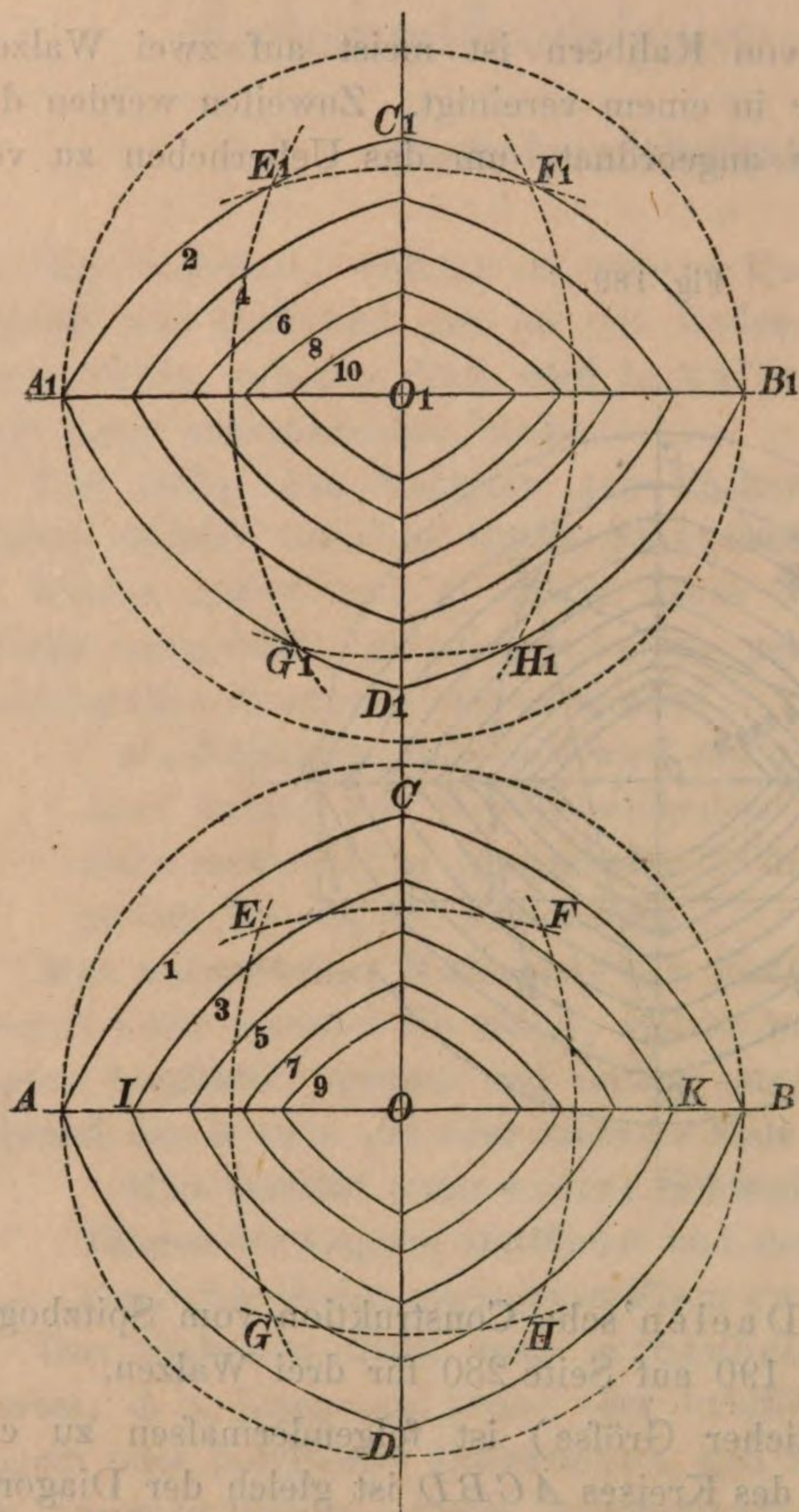


Fig. 189 zeigt die Daelen'sche Konstruktion vom Spitzbogenkaliber für zwei, Fig. 190 auf Seite 280 für drei Walzen.

Fig. 189 ($\frac{1}{2}$ natürlicher Gröfse) ist folgendermaßen zu construiren: Die Breite des Kreises $ACBD$ ist gleich der Diagonale des Luppenkolbens. Man ziehe die Durchmesser AB und CD durch den Mittelpunkt O , trage von letzterem auf OC und OD die Höhe $\frac{7}{8} OA$ ab, schlage Kreise mit $\frac{3}{4} AB$ um A , B , C und D . Die Schnittpunkte E , F , G und H sind die Mittelpunkte der das Kaliber begrenzenden Kreisbögen. Die Höhe des ersten Kalibers ist gleich der Breite des zweiten u. s. f.

Die obere und untere Spitze bei C und D wird etwas abgestumpft, dagegen das Kaliber bei A und B nach aussen abgerundet und so erweitert. Zur Konstruktion der zuletzt genannten Erweiterung trage man $\frac{1}{10} - \frac{1}{8} OB$ von den Schnittpunkten der Spitzbogen nach aussen auf AB ab, die Hälfte der Ausladung über und unter dem Horizontaldurchmesser am Kaliber an und

Fig. 190.



verbinde beide Punkte durch einen Kreisbogen mit dem Radius $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5} OB$.

Fig. 190 ($\frac{1}{2}$ natürlicher Gröfse) hat folgende Konstruktion. Das erste Kaliber $ABCD$ wird wie in Fig. 189 gebildet, nur mit dem Unterschiede, daß von der Differenz $AB - CD$ $\frac{1}{3}$ in die Unterwalze, $\frac{2}{3}$ in die Mittelwalze fallen. Die obere Hälfte des unteren Kalibers ist gleich der unteren Hälfte des oberen Kalibers, da beide derselben (Mittel-) Walze angehören, d. h. $OC = OD$. Von D aus wird $DC = \frac{7}{8} CD$ abgetragen u. s. w.

Die Fertigwalze enthält versenkte Kaliber, deren erstes in der Breite das letzte Spitzbogenkaliber nicht überschreiten darf. Die Abnahme schwankt von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{8}$. Beim Durchgange durch mehrere Flachkaliber muß auf

eine Breitung von 0,8—2,2 Millim. Rücksicht genommen werden.

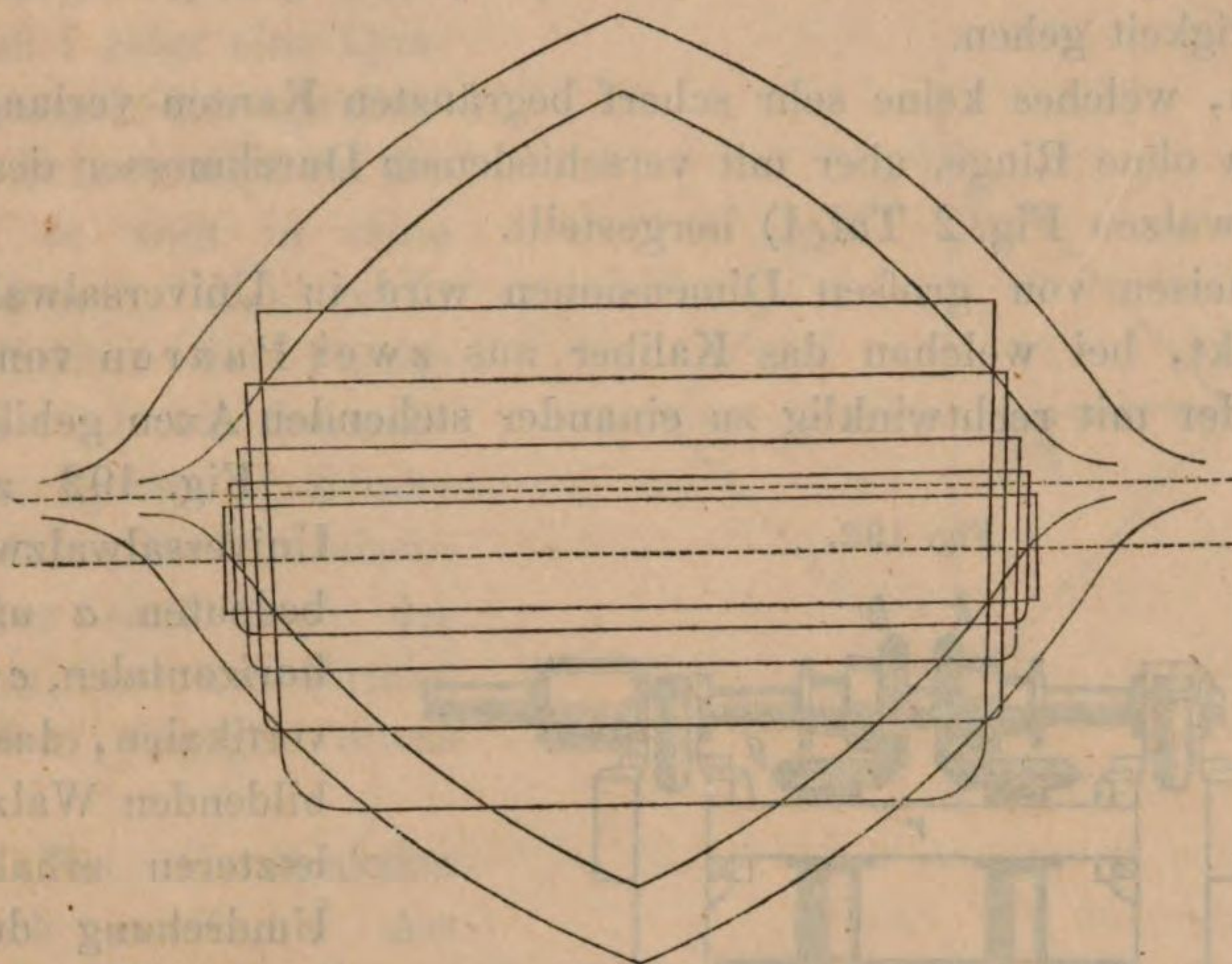
Den Uebergang von Spitzbogen zu Flachkalibern zeigt Fig. 191 auf Seite 281, während Fig. 1 auf Taf. I *) ein vollständiges Rohschienenwalzenpaar darstellt.

Das Eisen wird beim Walzen durch die Spitzbogenkaliber vor jedem Durchgange um 90° , bei den Flachkalibern um 180° gewendet.

Spitzbogenkaliber dienen auch bei der Erzeugung anderer Sorten Stabeisen häufig als Vor- oder Schweifskaliber.

*) Die eingeschriebenen Zahlen auf Taf. I und II bedeuten Millimeter.

Fig. 191.



Man macht die Luppenwalzen 0,95—1,6 Meter lang, giebt ihnen einen Durchmesser von 0,47—0,49 Meter, einen Oberdruck von 6,5 Millimeter und 40—100 Umgänge in der Minute. Eine Luppenstrecke erfordert 30—100 Pferdektr.

Grobeisen.

Grobeisen walzt man der Regel nach in einer Strecke von zwei Walzenpaaren, deren erstes als Vorwalze dient und Spitzbogenkaliber enthält, während das zweite Paar die spezielle Form des Eisens ausbildet.

Die Walzen erhalten bei 0,36—0,42 Meter Durchmesser 75—120 Umdrehungen in der Minute.

Das am häufigsten vorkommende Stabeisen ist das Flacheisen, ein Eisen von oblongem Querschnitte. Die Kaliber für das Flacheisen sind versenkt, nach der Walzenaxe zu ein wenig verjüngt und an den inneren Kanten abgestumpft. Nur das letzte oder Fertigkaliber muß sich möglichst der verlangten Form anschließen. — Das Eisen wird in den Fertigwalzen nach jedem Durchgange um 180° gewendet. — Zuweilen wird zur Verminderung der Breite ein hochkantig stehendes (Stauch-) Kaliber eingeschaltet.

Sehr schwaches Flachéisen läßt man schliesslich durch ein Paar harter, gut polirter Walzen ohne Ränder, von geringer Umdrehungsgeschwindigkeit gehen.

Eisen, welches keine sehr scharf begränzten Kanten verlangt, wird in Walzen ohne Ringe, aber mit verschiedenem Durchmesser des Ballens (Staffelwalzen Fig. 2 Taf. I) hergestellt.

Flacheisen von grossen Dimensionen wird in Universalwalzwerken ausgestreckt, bei welchen das Kaliber aus zwei Paaren von Walzen ohne Ränder mit rechtwinklig zu einander stehenden Axen gebildet wird.

Fig. 192.

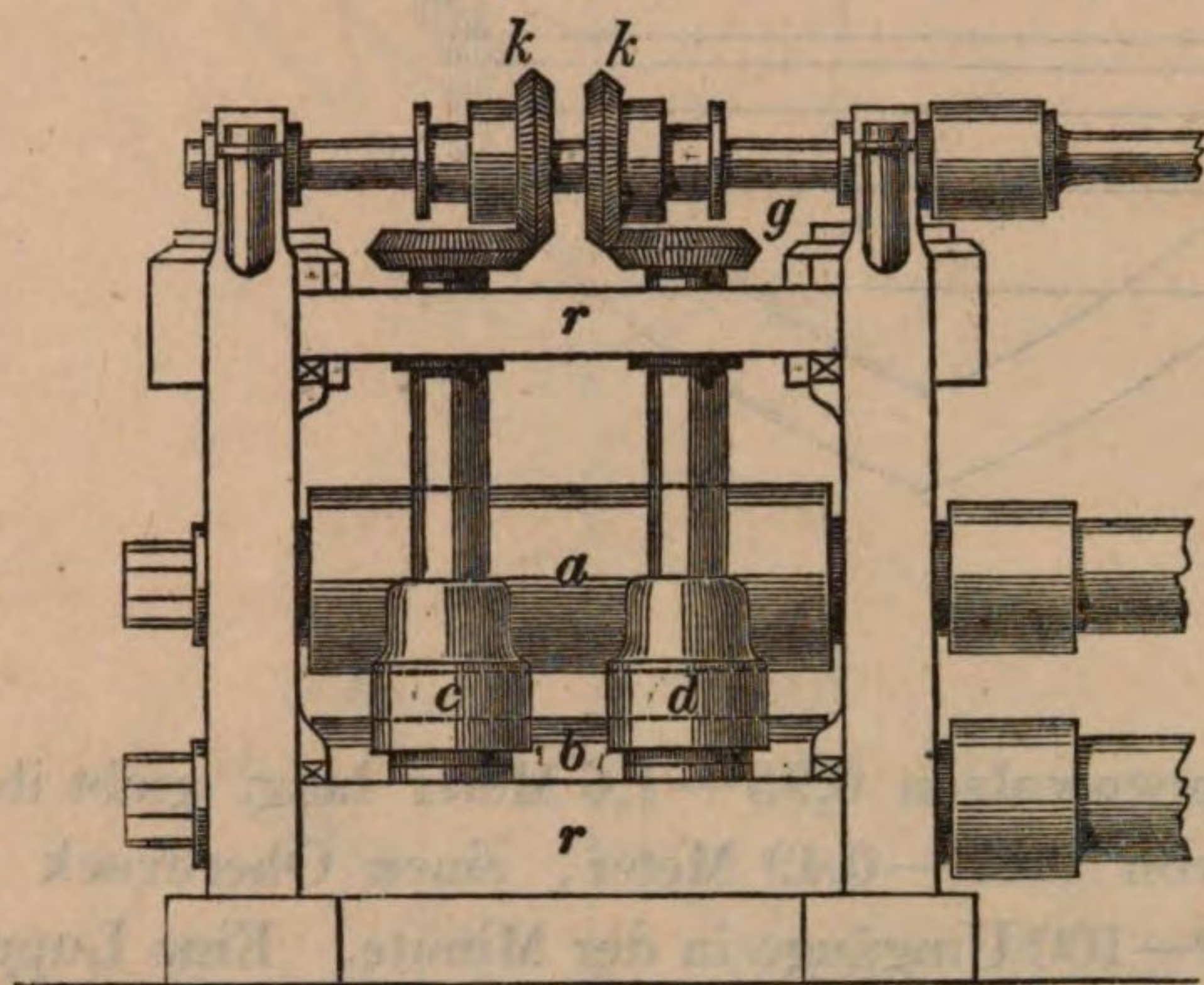
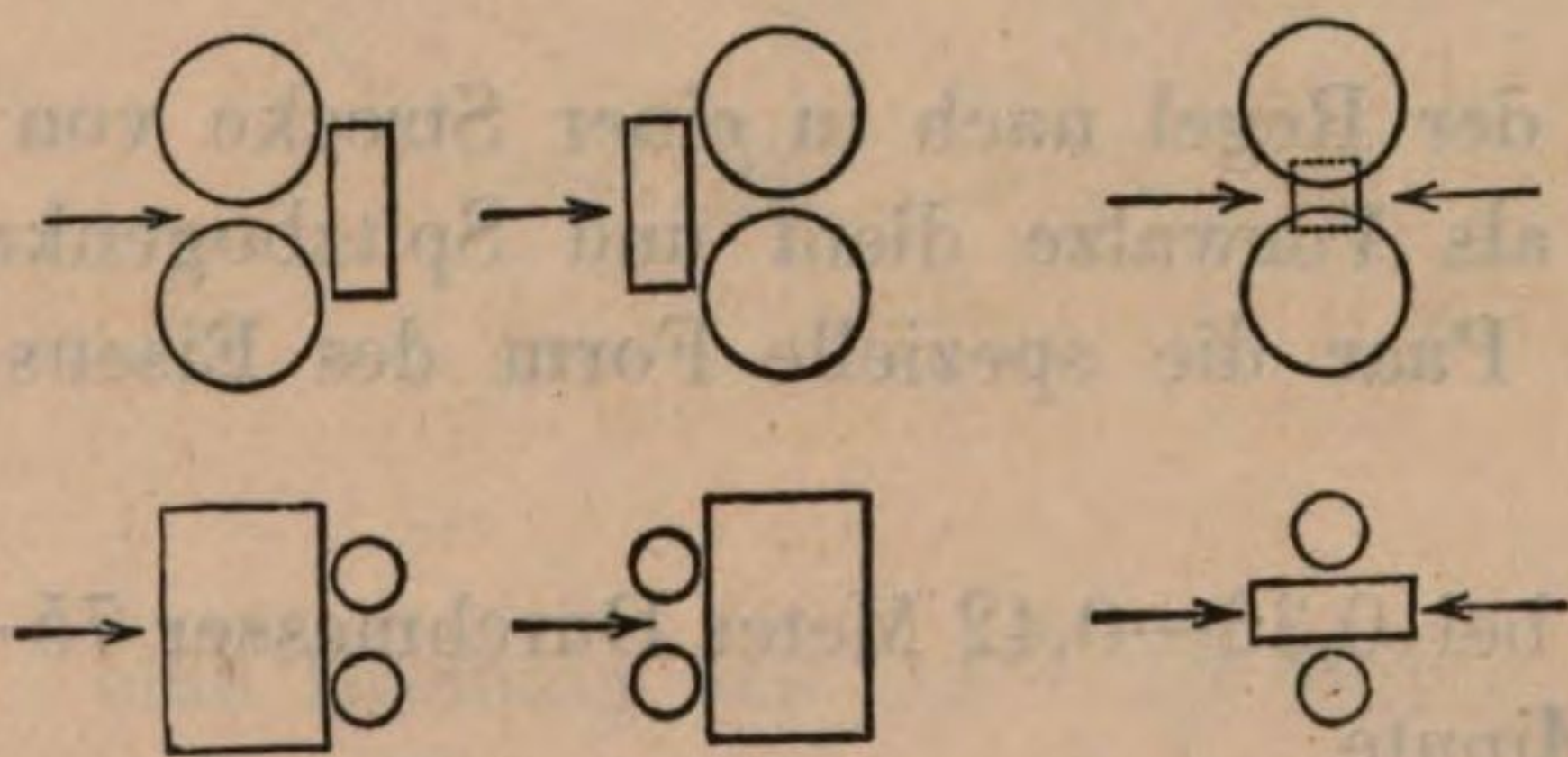


Fig. 192 zeigt ein Universalwalzwerk. Es bedeuten *a* und *b* die horizontalen, *c* und *d* die vertikalen, das Kaliber bildenden Walzen. Die letzteren erhalten ihre Umdrehung durch die Winkelräder *k g* und sind in den Querbalken *rr* gelagert. Die drei üblichen Anordnungen der Universalwalzwerke sind in Fig. 193 bis 195 dargestellt, bei welchen die obere Zeichnung die Seitenansicht, die untere den zugehörigen Grundriss veranschaulichen sollen. Fig. 193 dient für Flacheisen, dessen Kanten, Fig. 194 für ein solches, dessen breite Flächen besonders gut ausgebildet sein müssen. Fig. 195 wird nur für Façoneisen benutzt.

Fig. 193.

Fig. 194.

Fig. 195.



Quadrasteisen wird diagonal stehend gewalzt und nach jedem Durchgange um 90° gewendet. Die Kaliber werden mit Rücksicht auf die Schwindung des Eisens nach dem Erkalten etwas rhombisch konstruirt, wie Fig. 196 zeigt, worin der Winkel $\alpha = 91^\circ 54' 10''$ ist.

Oft wird auch der Winkel beinahe $= 90^\circ$ genommen und das Kaliber nur im mittleren Theile nach aussen etwas erweitert. Ein zweimaliges Durchwalzen des Stabes nach einer Drehung um

90° liefert dann ein richtiges Produkt. Fig. 3 Taf. I zeigt eine Quadrateisen-Fertigwalze.

Rundeisen wird auf der Vorwalze so weit in seine Form gebracht, daß es in einem Kaliber der Fertigwalze bei zwei- bis dreimaligem Durchgange vollendet werden kann. Die Rundeisenfertigungskaliber sind nach der Walzenaxe zu kreisförmig, nach außen dagegen etwas erweitert.

Die Konstruktion nach zweifacher Art

zeigt Fig. 197. ch sei die Höhe des Kalibers gleich dem Durchmesser des Rundstabes, so werden zwei Durchmesser unter dem Winkel $\alpha = 30^\circ$ gezogen. Die Bogen ab und bd haben den Durchmesser oa und od , die Bogen a_1b_1 und b_1d_1 den Durchmesser o_1a_1 und o_1d_1 .

Eine Rundeisenwalze stellt Fig. 4 Taf. I dar.

Fig. 196.

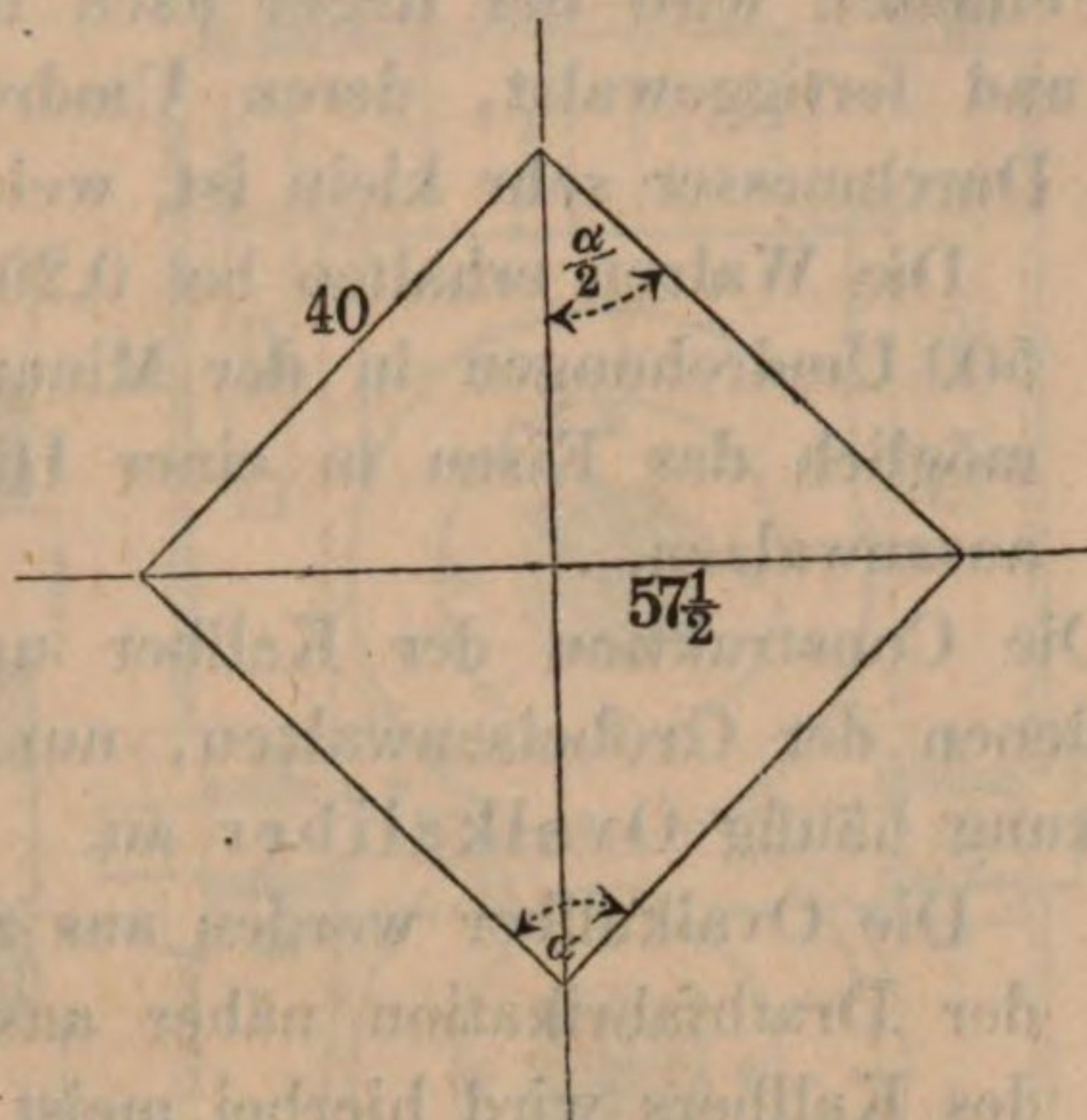
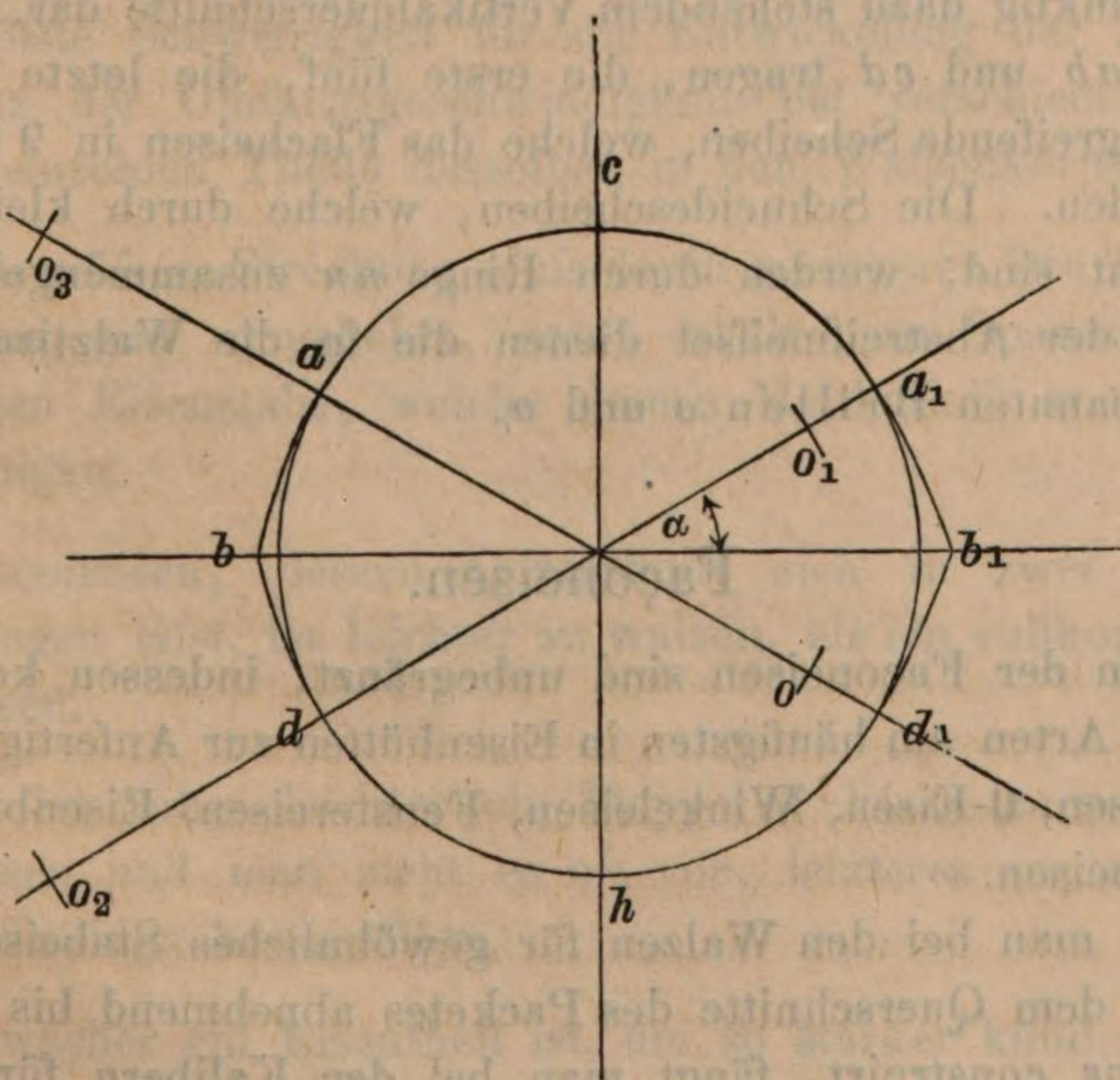


Fig. 197.



Feineisen.

Feineisen wird der Regel nach in einem System von drei Walzen vor- und fertiggewalzt, deren Umdrehungsgeschwindigkeit sehr groß, deren Durchmesser sehr klein ist, welche daher stark strecken.

Die Walzen erhalten bei 0,20—0,26 Meter Durchmesser 200 bis 500 Umdrehungen in der Minute. — Es ist nur auf diese Weise möglich das Eisen in einer Hitze zu sehr kleinen Dimensionen auszuwalzen.

Die Konstruktion der Kaliber unterscheidet sich nicht wesentlich von denen der Grobeisenwalzen, nur wendet man zur Verstärkung der Streckung häufig Ovalkaliber an.

Die Ovalkaliber werden aus zwei Kreisbögen gebildet, wie bei der Drathfabrikation näher ausgeführt werden wird. Die Höhe des Kalibers wird hierbei meist gleich der halben Breite.

Bei Benutzung der Ovalkaliber wird der Stab nach jedem Durchgange um 90° gedreht.

Für das schwache Flacheisen (Bandeisen) werden ebenfalls Polirwalzen verwendet, welche verhältnißmäßig große Durchmesser haben, mit Abschabevorrichtung für Glühspan versehen sind und reichlich mit Wasser gekühlt werden.

Feineisen zu Nägeln (Nageleisen) stellt man oft durch Zerschneiden eines Flacheisenstabes her. Das dazu benutzte Schneidewerk besteht aus einer Anzahl in einander greifender Ringe, welche nach Art der Cirkularscheeren wirken.

Fig. 198 und 199 stellen ein Schneidewerk in Ansicht und rechtwinklig dazu stehendem Vertikalquerschnitte dar. Die beiden Axen *ab* und *cd* tragen, die erste fünf, die letzte vier in einander greifende Scheiben, welche das Flacheisen in 9 Streifen zerschneiden. Die Schneidescheiben, welche durch kleine Scheiben getrennt sind, werden durch Ringe *nn* zusammengehalten. An Stelle der Abstreifmeißel dienen die in die Walztische *f* und *g* eingespannten Brillen *o* und *o*.

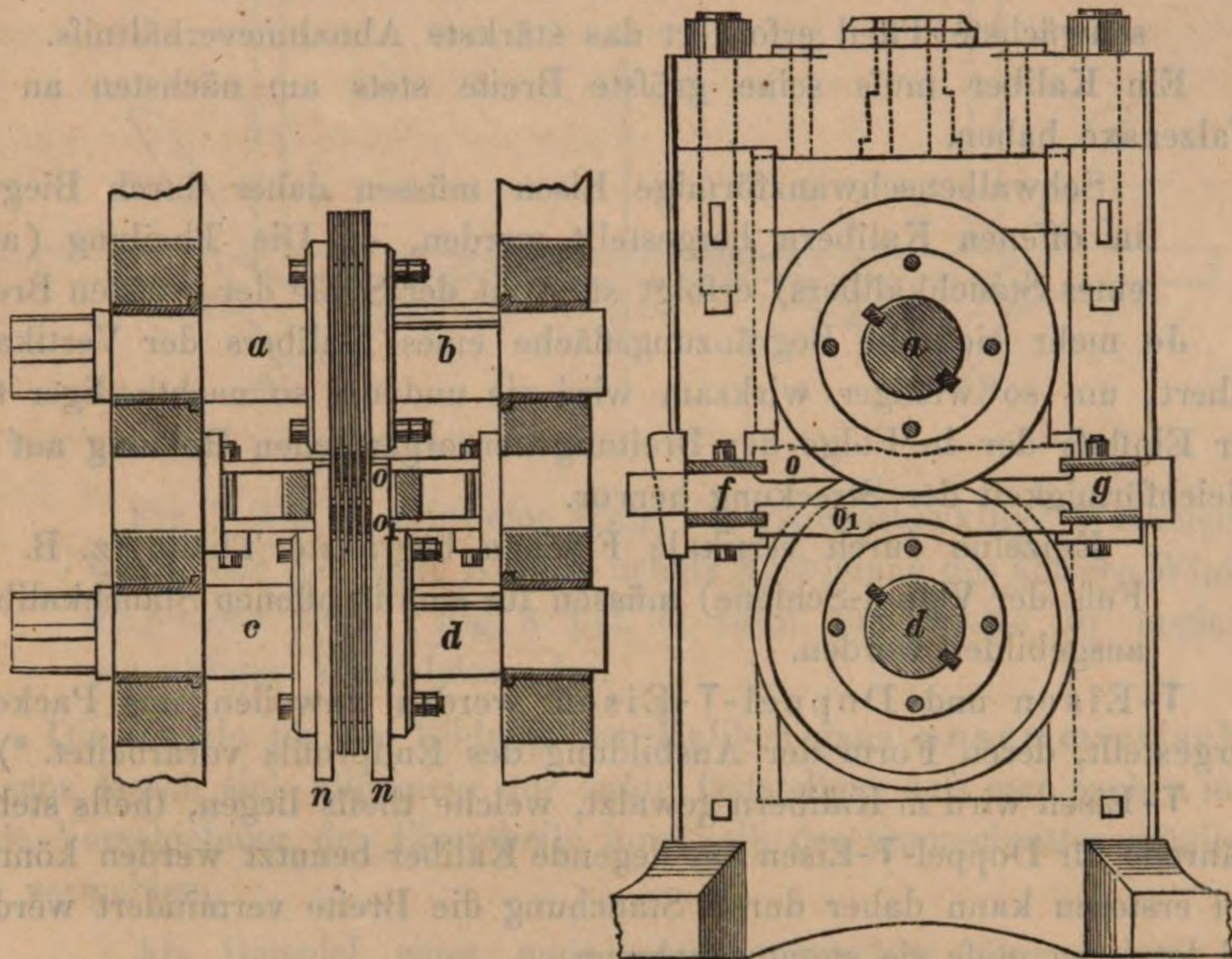
Façoneisen.

Die Arten der Façoneisen sind unbegrenzt, indessen kommen doch die folgenden Arten am häufigsten in Eisenhütten zur Anfertigung: T- und Doppel-T-Eisen, U-Eisen, Winkeleisen, Fenstereisen, Eisenbahnschienen, und Radreifeneisen.

Während man bei den Walzen für gewöhnliches Stabeisen die Kaliber stets von dem Querschnitte des Packetes abnehmend bis zu dem des fertigen Eisens construirt, fängt man bei den Kalibern für Façoneisen

Fig. 198.

Fig. 199.



mit dem Fertigkaliber an, welches aus dem verlangten Profile durch Zulegung des Schwindmaßes (der Regel nach $2 \frac{0}{0}$) gefunden wird.

Die größte Schwierigkeit für die Entwicklung der Kaliber bietet die Differenz der Umfangsgeschwindigkeit bei verschieden tiefem Eingreifen der einzelnen Theile desselben in den Walzenkörper.

Die größere Streckung muß durch geringeren Druck ausgeglichen werden und umgekehrt, sonst erhält man Spannungen in dem fertigen Eisenstabe, welche dessen Haltbarkeit wesentlich beeinträchtigen.

Ein Façoneisen, dessen Querschnitt sich in zwei symmetrische Hälften zerlegen läßt, ist leichter zu walzen, als ein vollkommen unregelmäßiges Eisen.

Es ist daher leichter ein Doppel-T-Eisen zu walzen, als ein T-Eisen und man zieht es oft vor, letzteres aus ersterem durch Zerschneiden herzustellen.

Je schwächer ein Eisentheil ist, um so stärker kühlt er ab, um so mehr wird er daher gebreitet und um so weniger gestreckt.

Man bildet aus diesem Grunde die schwächsten Eisentheile erst zuletzt, oder für sich allein in Stauchkalibern aus. — Der schwächste Theil erfordert das stärkste Abnahmeverhältniß.

Ein Kaliber muß seine größte Breite stets am nächsten an der Walzenaxe haben.

Schwalbenschwanzförmige Eisen müssen daher durch Biegung in offenen Kalibern hergestellt werden. — Die Theilung (auch eines Stauchkalibers) erfolgt stets an der Stelle der größten Breite.

Je mehr sich die Begränzungsfläche eines Kalibers der Vertikalen nähert, um so weniger wirksam wird sie und um so nachtheiliger tritt der Einfluß der in Folge der Breitung hervorgerufenen Reibung auf die Gleichförmigkeit der Streckung hervor.

Einzelne durch vertikale Flächen begränzte Theile (z. B. der Fuß der Vignol-Schiene) müssen für sich in offenen Stauchkalibern ausgebildet werden.

T-Eisen und Doppel-T-Eisen werden zuweilen aus Packeten hergestellt, deren Form der Ausbildung des Endprofils vorarbeitet. *)

T-Eisen wird in Kalibern gewalzt, welche theils liegen, theils stehen, während für Doppel-T-Eisen nur liegende Kaliber benutzt werden können. Bei ersteren kann daher durch Stauchung die Breite vermindert werden, bei letzteren muß sie stetig zunehmen.

Die Ungleichförmigkeit in der Streckung, welche bei einem langen und schwachen Stege des T-Eisens nicht vermieden werden kann, hat man durch Herstellung eines dreistrahliges Sternes und nachheriges Umbiegen zweier Strahlen in eine Ebene zu umgehen versucht.

Doppel-T-Eisen wird mit Erfolg in einem Universalwalzwerke hergestellt, dessen erstes Walzenpaar den Steg ausbildet, während das zweite die Füße bearbeitet.

Eine T- und eine Doppel-T-Eisen-Walze ist in Fig. 5 und 6 Taf. I dargestellt. U-Eisen (auch E-Eisen genannt) wird gegenwärtig nur noch selten in vollen Kalibern erzeugt, sondern meist aus einem Flachstabe mit zwei kleinen Vorsprüngen an der Unterseite durch Aufbiegung der Schenkel in offenen Kalibern hergestellt, wie dies Fig. 200 auf Seite 287 zeigt.

Man giebt behufs der Konstruktion dem fertigen Profile die Lage *AB* und erhält in $\frac{2}{3}$ der Stärke die Mittellinie für die Vorwalze.

Beim Winkeleisen unterscheidet man das gleichschenklige und das ungleichschenklige. Das erstere wird, die concave Seite nach oben, ohne Veränderung der Lage hergestellt, das letztere theils in derselben Weise, theils auch so, daß abwechselnd je ein Schenkel horizontal liegt.

*) Vergl. Seite 260, Fig. 169, *C* und *D*.

Fig. 200.

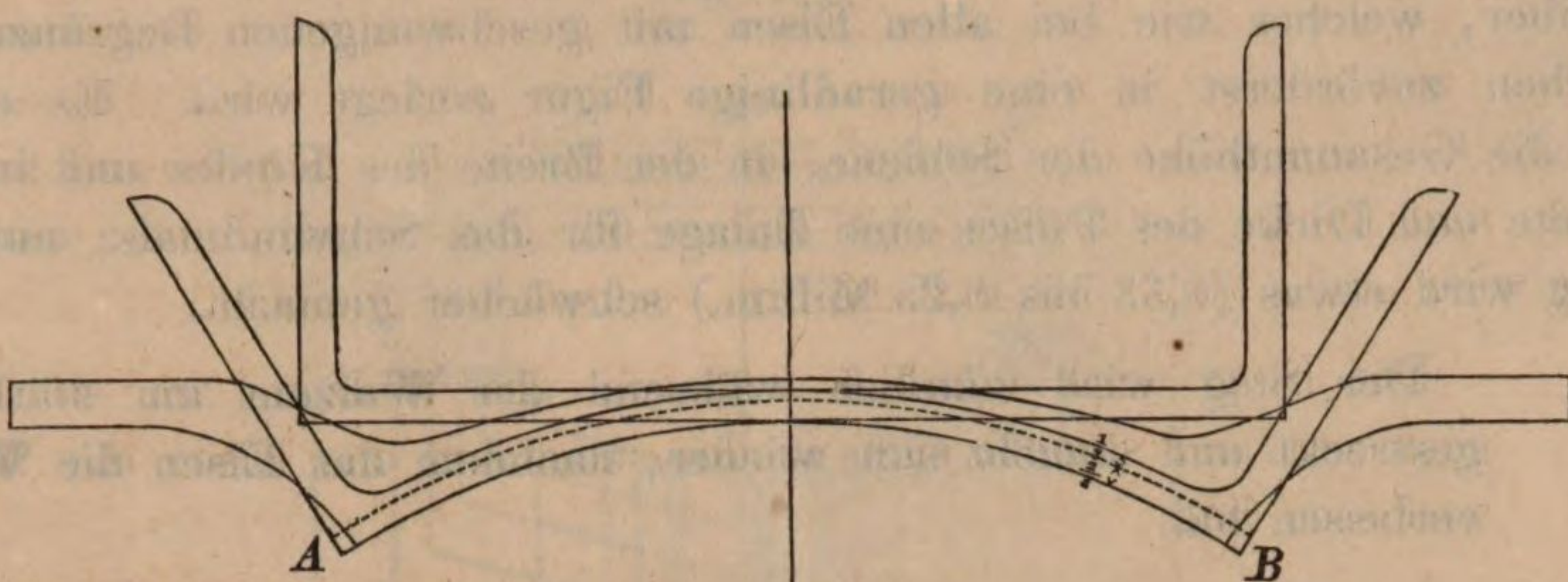


Fig. 7 Taf. II zeigt eine Walze für gleichschenkliges Winkeleisen, worin nur das erste Kaliber behufs Ausbildung des äußern Winkels umgekehrt liegt. Fig. 8 Taf. II stellt eine Walze für ungleichschenkliges Winkeleisen dar.

Die Regeln für die Bildung der Kaliber ganz unsymmetrischen Eisens lassen sich allgemein nur dahin feststellen, daß man suchen muß, jede Verschiebung der Eisentheile innerhalb des Querschnittes möglichst zu vermeiden.

Als Beispiel eines ganz unsymmetrischen Eisens diene das Fenstereisen, dessen Kaliber in Fig. 9 Taf. II abgebildet sind.

Die Herstellung von Eisenbahnschienen weicht insofern von derjenigen der bisher angegebenen Stabeisensorten ab, als bei derselben Rücksicht auf das verschiedene Material zu nehmen ist, aus welchem der Regel nach das Packet gebildet werden muß, und welches verschiedener Breitung und Streckung unterworfen ist.

Die Packetirung der Eisenbahnschienen *) erfolgt in der Art, daß die Schweissung der verschiedenen Eisenarten (Stahl- oder Feinkorn-Kopf mit Sehnefuß) eine möglichst vollkommene werde und gleichzeitig die am meisten in Anspruch genommenen Theile (z. B. die Kanten des Fußes) vor dem Unganzwerden geschützt seien.

Man legt daher auf das im Uebrigen aus Rohschienen gebildete Packet Deckschienen von doppelt geschweißtem Eisen und läßt das Kopfeisen in den Steg eingreifen.

Die Schwierigkeit, welche die gute Schweissung der Schienen aus zwei verschiedenartigen Materialien macht, hat dazu geführt, häufig den Schienen aus Schmiedeeisen, deren Kopf cementirt ist, oder den Schienen, welche ganz aus Stahl bestehen, den Vorzug zu geben, obwohl beide theurer ausfallen.

*) Vergl. Seite 259 und 260, Fig. 169, A und B.

Die Konstruktion der Kaliber für Schienen beginnt vom Fertigkaliber, welches wie bei allen Eisen mit geschwungenen Begränzungsf lächen zuvörderst in eine geradlinige Figur zerlegt wird. Es erhält für die Gesammthöhe der Schiene, in der Breite des Kopfes und in der Breite und Dicke des Fusses eine Zulage für das Schwindmaß; nur der Steg wird etwas (0,33 bis 0,25 Millim.) schwächer gemacht.

Der Steg wird nämlich während des Walzens am stärksten gestreckt und staucht sich wieder, nachdem das Eisen die Walze verlassen hat.

Die weiteren Kaliber der Fertigwalze werden mit der erforderlichen Abnahme (2,18 Millim. für Eisen, 1,65 Millim. für Stahl) an Breite (Schienenhöhe) und Zunahme an Dicke (Schienenbreite) construirt und zwar sind gewöhnlich 5 oder 6 an Zahl, einschliesslich eines Stauchkalibers erforderlich. Die Schiene geht mit Ausnahme des Stauchkalibers jedesmal um 180° gewendet durch die Walzen. Das Stauchkaliber liegt oft schon in der Vorwalze, in welcher sich die Schweisskaliber befinden. Von diesen letzteren bilden stets die zwei letzten, oft auch alle bis auf das erste, die Form der Schienen bereits vor. Es sind ihrer gewöhnlich ebenfalls fünf, so daß also eine Schiene in 10 oder 11 (seltener in 12) Kalibern aus dem Packete fertig gewalzt wird.

Fig. 201 auf Seite 289 zeigt die Konstruktion von Fertigkalibern für Vignolschienen in $\frac{1}{2}$ nat. Gröfse (nach Daelen) und Fig. 202 auf Seite 289 die aus diesen Konstruktionen gebildeten Kaliber mit abgerundeter Form. — Auf der Grundlinie *EH* ist von der Mittellinie *CD* aus das geradlinige Fertigkaliber *ABKI* abgetragen. Von demselben ausgehend sind am Kopfe die Breitungen (je 2,18 Millim.) nach unten angetragen, seitwärts am Kopfe, am Stege und am Fulse, sowie in der Höhe des Fusses die in Zahlen angegebenen Verhältnisse bis zum Stauchkaliber *EFGH*. — Fig. 10 und 11 Taf. II zeigen eine Schienen-Vor- und Fertigwalze mit 11 Kalibern.

Um das Ueberheben der Schienen zu vermeiden, benutzt man auch für deren Anfertigung Walzwerke mit Vor- und Rückgang, Walzwerke mit drei Walzen (in welchen die Kaliber so vertheilt sind, daß entweder je zwei übereinander liegende oder nur eines um das andere Anwendung finden), oder Walzwerke mit zwei hintereinander liegenden Paaren.

Bei allen diesen Methoden hat man außer Zeit- und Arbeiterersparnis noch den Vortheil, das zuletzt gewalzte, schliessende Ende wieder zuerst in die Walzen führen und ferner die Spannung, welche durch das Walzen in stets gleicher Richtung entsteht, ausgleichen zu können.

Fig. 201.

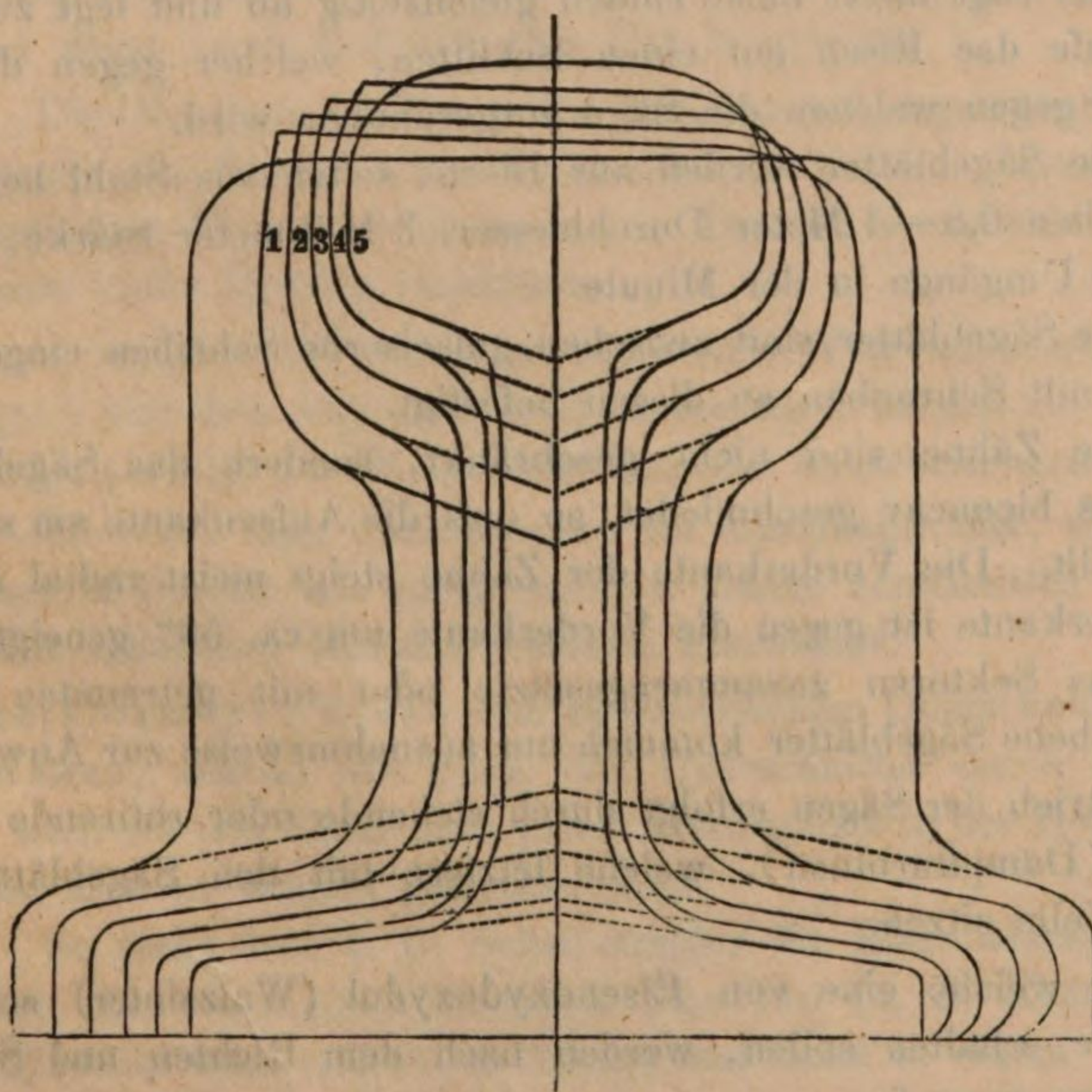
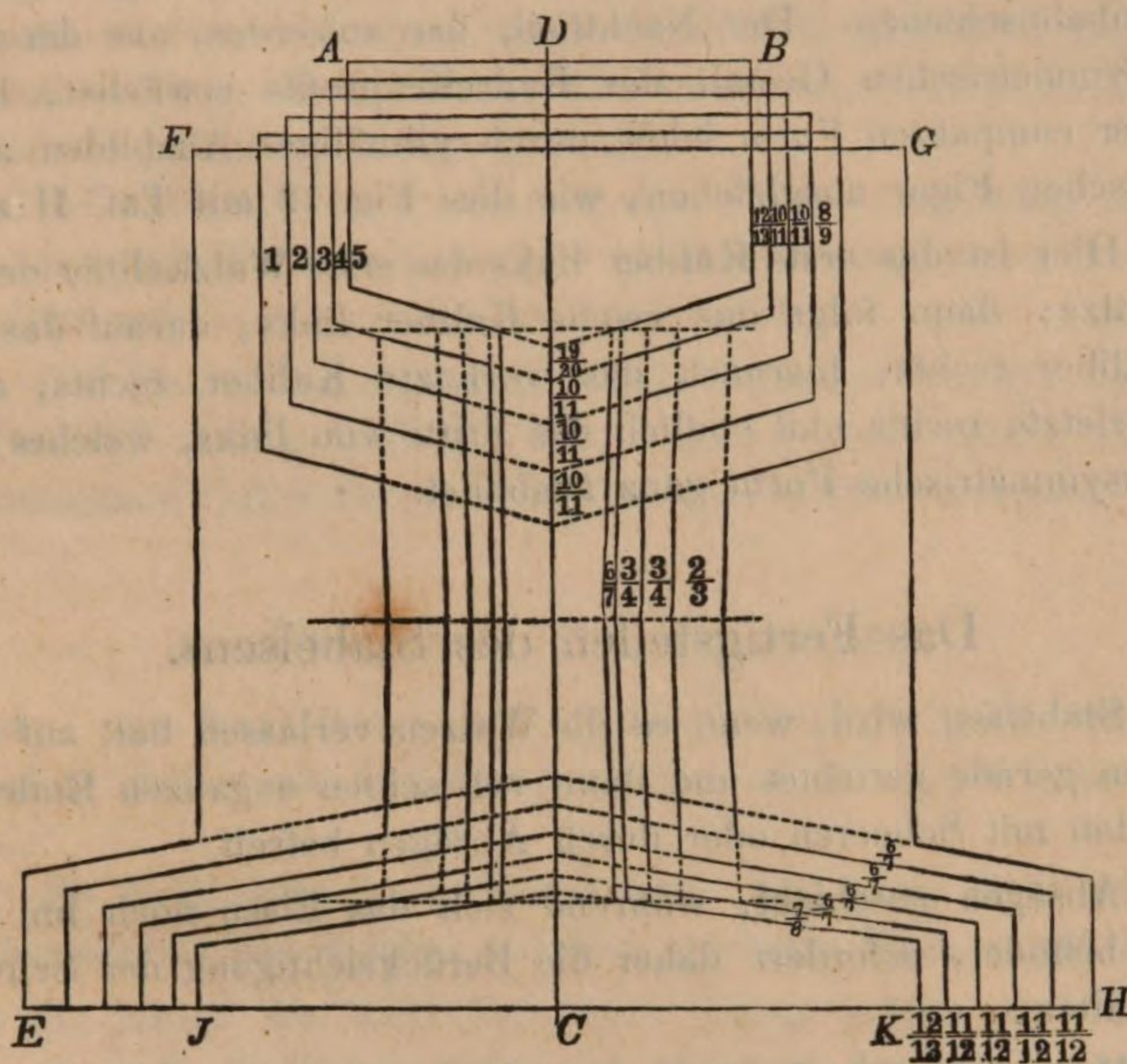


Fig. 202.

Die Kalibrirung der Walzen für Radreifeneisen bietet in Bezug auf die Verschiedenheit des Materials dieselben Schwierigkeiten wie die der Eisenbahnschienen. Der Nachtheil, der außerdem aus der vollkommen unsymmetrischen Gestalt des Radreifenprofils erwächst, läßt sich wegen der kompakten Form leicht durch allmähliges Ausbilden aus einer symmetrischen Figur ausgleichen, wie dies Fig. 12 auf Taf. II zeigt.

Hier ist das erste Kaliber links das erste Walzkaliber der Fertigwalze; dann folgt das zweite Kaliber links, darauf das Stauchkaliber rechts, hiernach das vorletzte Kaliber rechts, das vorletzte rechts und endlich das dritte von links, welches erst die unsymmetrische Form ganz ausbildet.

Das Fertigstellen des Stabeisens.

Das Stabeisen wird, wenn es die Walzen verlassen hat, auf eisernen Unterlagen gerade gerichtet und dann von seinen unganzen Enden durch Abschneiden mit Scheeren oder durch Absägen befreit.

Das Absägen geschieht, während sich das Eisen noch im warmen Zustande befindet, erfordert daher die Berücksichtigung der Schwindung beim Erkalten.

Man sägt meist beide Enden gleichzeitig ab und legt zu diesem Behufe das Eisen auf einen Schlitten, welcher gegen die Säge, oder gegen welchen die Säge vorgeschoben wird.

Die Sägeblätter werden aus Eisen, selten aus Stahl hergestellt, erhalten 0,8—1 Meter Durchmesser, 3 Millimeter Stärke, 900 bis 1200 Umgänge in der Minute.

Die Sägeblätter sind zwischen gußeiserne Scheiben eingeklemmt und mit Schrauben an diesen befestigt.

Die Zähne sind nicht geschränkt, sondern das Sägeblatt ist etwas biconcav geschmiedet, so daß die Außenkante am stärksten ausfällt. Die Vorderkante der Zähne steigt meist radial auf, die Hinterkante ist gegen die Vorderkante um ca. 50° geneigt.

Aus Sektoren zusammengesetzte oder mit getrennten Zähnen versehene Sägeblätter kommen nur ausnahmsweise zur Anwendung.

Der Betrieb der Sägen erfolgt durch stehende oder rotirende Dampfmaschinen (Dampfturbinen), welche letztere mit den Sägeblättern auf derselben Welle sitzen.

Stäbe, welche eine von Eisenoxydoxydul (Walzsinter) sehr freie Oberfläche erhalten sollen, werden nach dem Richten und Sägen in kaltes Wasser geworfen.

Dies geschieht z. B. mit den zur Schwarzblechfabrikation gebrauchten Flachstäben.

Eisenbahnschienen werden nach dem Sägen unter Stempelpressen gerichtet, an den Enden mit Löchern versehen, welche man theils durch Stossvorrichtungen, theils durch Bohrmaschinen erzeugt, und endlich oft noch durch Abfräsen, Abstossen oder Abhobeln der Enden genau auf die geforderte Länge gebracht.

Radreifeneisen wird zwischen drei Walzen ringförmig zusammengebogen, mit den Enden an einander geschweisst und durch Stellung der Biegewalzen auf einen genauen Radius gebracht.

Die Enden des abgesägten Radreifenstabes werden theils direkt (stumpf oder gabelförmig) an einander geschweisst, theils durch besondere (schwalbenschwanzförmige) Stücke verbunden.

Besondere Stabeisenarten.

Eisen von keilförmigem Längsquerschnitte wird, wenn seine Länge nicht gröfser als der Walzenumfang ist, in excentrischen Kalibern gewalzt.

So stellt man z. B. Gewehrläufe her. Das Rohr wird in das betreffende Rundkaliber mit dem stärksten Ende zuerst eingeführt.

Ist die Länge des keilförmigen Eisens gröfser als der Walzenumfang, so muß die Walzenentfernung während der Arbeit wechseln und dies wird meist durch hydraulischen Druck erreicht.

Die Oberlager der Oberwalze liegen anstatt gegen die Stellschraube gegen die Stange eines hydraulischen Kolbens, dessen Cylinder auf dem Walzengerüst steht. — Das Universalwalzwerk *) läßt sich leicht derartig einrichten.

Eisen, welches mit wiederkehrenden Vertiefungen und Erhebungen versehen sein soll, wird in Kalibern hergestellt, welche entsprechende, parallel zur Walzenaxe laufende Ausarbeitungen besitzen.

So walzt man Speicheneisen für Eisenbahnräder, welches nachher in Stücke von entsprechender Länge zerschnitten wird, ferner mit erhabenen Mustern verzierte Eisenstäbe.

Kreisförmiges Eisen von symmetrischem Querschnitte walzt man unter Walzen, welche die Form des Querschnittes durch Kaliber ausbilden, während das Eisen nach jedem Durchgange in der Horizontalebene um einen kleinen Winkel gewendet wird.

So stellt man z. B. Scheibenräder für Eisenbahnwagen her.

Eisen mit einzelnen breiten Theilen (z. B. Kettenglieder für Brücken) walzt man erst in die Länge und dann in einem nur theilweis wirksamen Kaliber in die Breite.

*) Vergl. Seite 282.

Endloses Stabeisen.

Das endlose Stabeisen findet gegenwärtig Anwendung zur Darstellung von Eisenbahnradreifen (Tyres, Bandagen), Verstärkungsringen für Dampfkessel u. s. w. Man stellt zuerst Ringe von geringem Querschnitte dar, welche durch Walzen in die erforderliche Gröfse ausgestreckt werden und gleichzeitig den verlangten Querschnitt erhalten.

Die Ringe werden theils durch spiralförmige Aufwicklung eines Eisenstabes um einen Dorn und nachherige Schweifsung erzeugt, theils durch Aufbiegen eines geschlitzten Eisen- oder Stahlblockes, theils durch Ausstanzen einer vollen Scheibe, theils unmittelbar durch Stahlgufs.

Das Ausstrecken erfordert Walzen, über deren eine der Ring geschoben werden kann. Es erfolgt theils in mehreren auf einander folgenden Kalibern, theils in nur einem Kaliber. Jedes Kaliber mufs veränderlich während des Walzens sein.

Die Abkühlung, welche durch das Einlegen des Ringes in verschiedene Kaliber entsteht, hat meist zur Benutzung nur eines stellbaren Kalibers geführt. — Sollen mehrere Kaliber angewendet werden, so vertheilt man diese auf verschiedene Kopfwalzwerke, oder man vereinigt sie derart auf einem einzigen Walzwerke, dafs die innere Walze, welche sich leicht von der äufseren entfernen läfst, ein unveränderliches Patrizenkaliber, die letztere dagegen mehrere Matrizenkaliber trägt. Durch Verschiebung der Aussenwalze in der Richtung ihrer Axe wird ein neues Kaliber zur Wirkung gebracht. Die Walzen haben in diesem Falle meist vertikale Axen, während die Kopfwalzwerke der Regel nach horizontal gelagert sind.

Die Kalibrirung der Walzen für endloses Stabeisen gründet sich auf Bedingungen, welche von den für gewöhnliches Stabeisen gültigen völlig abweichen, weil das Eisen stets mit seinem vollen Querschnitte in das Kaliber eintritt und sich nicht frei strecken kann.

Man kann daher mit der Verkleinerung nicht sprungförmig vorgehen, sondern mufs sie allmählig eintreten lassen. Aus diesem Grunde gehört auch zum Auswalzen eines Ringes unter sonst gleichen Umständen eine weit bedeutendere Kraft als zum Auswalzen eines Stabes.

Eine Streckung ohne Verschiebung der einzelnen Eisentheile in einem Querschnitte erfolgt nur, wenn sich die Streckung allerorts verhält wie der betreffende Radius.

Der Querschnitt eines Radreifens kann als Trapez betrachtet werden. Es seien dessen parallele Seiten m und n , der innere Radius $= r$, so ist, wenn der Radius sich bei der Streckung auf αr vergrößert und die Seite m auf m , verkleinert: $\pi [(r + m)^2 - r^2]$

geworden $\pi[(\alpha r + m_i)^2 - \alpha^2 r^2]$, und da die Eisenmasse sowohl, als auch die Höhe des Ringes dieselbe bleibt: $(r + m)^2 - r^2 = (\alpha r + m_i)^2 - \alpha^2 r^2$, also $m_i = -\alpha r \pm \sqrt{m^2 + 2rm + \alpha^2 r^2}$, und ebenso für die untere Seite $n_i = -\alpha r \pm \sqrt{n^2 + 2rn + \alpha^2 r^2}$.

Daher muß die äußere Walze einen größeren Durchmesser haben als die innere, und ihre Anstellung muß rechtwinklig zu der Linie, welche $\frac{m}{2}$ und $\frac{n}{2}$, $\frac{m_i}{2}$ und $\frac{n_i}{2}$ u. s. w. verbindet, d. h.

in der Peripherie eines Kreises erfolgen, dessen Mittelpunkt im Schnittpunkte der beiden convergirenden Trapezseiten liegt.

Da neben der Streckung eine Breitung stattfindet, so muß der Ring auch von oben nach unten gepreßt werden.

Ist das Kaliber an irgend einem Theile nicht vollkommen geschlossen, so bildet sich in Folge dessen dort ein Grad. Nur dann entspricht daher die Kalibrirung den erforderlichen Bedingungen, wenn außer der Anstellung der Walzen in der Peripherie eines Kreises auch das Kaliber stets geschlossen bleibt, was nur bei der Benutzung von Walzen, deren Axen nicht parallel sind, möglich ist.

Das Kaliber, welches während des Walzens einer Veränderung unterworfen ist, wird bald durch zwei, bald durch drei, bald durch vier Walzen gebildet.

Am vollständigsten werden die verlangten Bedingungen durch drei Walzen (Daelen'sches Walzwerk) erreicht, von denen die eine (die innere) in einem einfachen Ringe besteht, während die äußere Walze, welche im Kreisbogen anstellbar ist, das Kaliber nach unten und außen begränzt und eine dritte Walze mit horizontaler Axe das Kaliber beständig nach oben abschließt, indem sie in die bewegliche Walze eingreift.

Die Anstellung der Walzen gegen einander erfolgt theils durch Dampf-, theils durch Wasserdruck. Letzterer ist wegen der Sicherheit der Stellung vorzuziehen.

Hat der Radreifen die richtige Gröfse erreicht, so wird die Maschine durch einen Winkelhebel selbstthätig ausgerückt.

Der Radreifen liegt beim Walzen meist horizontal, nur bei den Kopfwalzwerken hat er eine vertikale Stellung.

Der fertig gewalzte Radreifen wird schliesslich auf einer Centrirmaschine, welche aus drei genau stellbaren Rollenpaaren besteht, in vollkommene Kreisform übergeführt.

Siebenunddreißigster Abschnitt.

Drath- und Röhrenfabrikation.

Drath.

Der Drath ist ein Rundeisen von großer Länge und geringem Durchmesser.

Zur Drathfabrikation wird stets doppelt geschweißtes, für die feinsten Sorten nur Holzkohlen-Eisen oder Stahl verwendet.

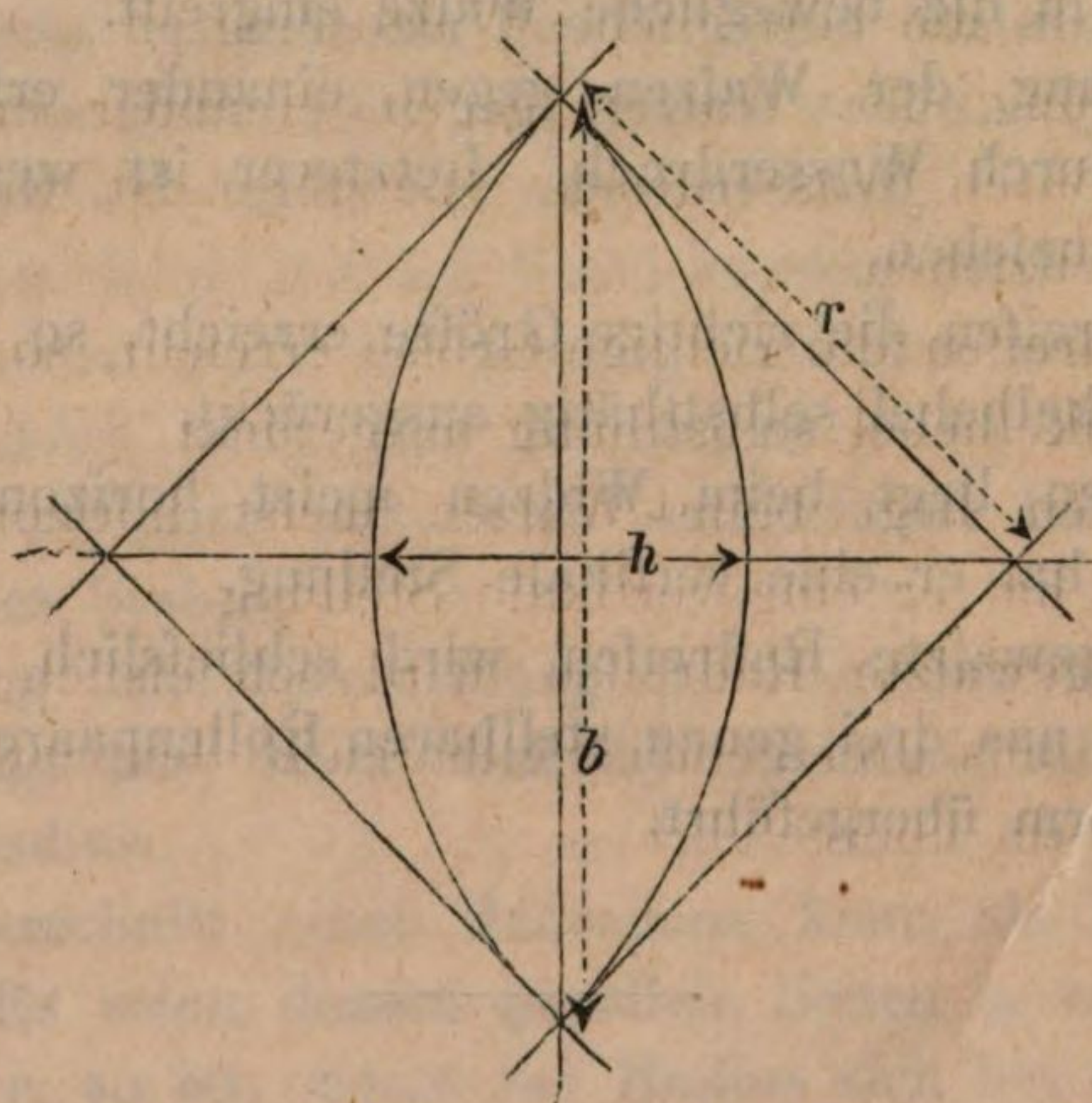
Das Eisen wird zuerst in einem Feineisenwalzwerk (Drathwalzwerk) vorgestreckt. Die Kaliber dieses Walzwerkes müssen bei der bedeutenden Abkühlung, welcher das schwache Eisen ausgesetzt ist, sehr stark strecken. Man giebt ihnen daher abwechselnd die Form von Quadraten und Ovalen.

Fig. 203 stellt die ganze Kaliber-Reihe einer Drathwalze dar. Das Eisen wird nach jedem Durchgange um 90° gedreht. Die Konstruktion eines Ovalekalibers ist aus Fig. 204 ersichtlich. Die Breite des Kalibers b ist die Diagonale eines Quadrates, aus

Fig. 203.



Fig. 204.



dessen Ecken die beiden Bogen geschlagen werden, welche das Ovalekaliber begrenzen. Es ist dann $b = 1,414r$ und $h = 0,5858r$.

Man walzt auf diese Weise Rundeisen gewöhnlich auf 4,5—6 Mill., oft bis auf 4 Mill., zuweilen sogar auf 2 Mill. Durchmesser hinab und verwerthet das Produkt (welches an den Walznäthen kenntlich ist) nicht selten unmittelbar unter dem Namen Walzdrath.

Die Walzen haben 0,4—0,6 Meter Länge, 0,2—0,3 Meter Durchmesser und machen 220—250, ja 300—500 Umdrehungen in der Minute (Schnell- und Courierwalzen). — Es sind meist 3 oder 5 Walzenpaare (bezieh. Walzentrios) neben einander angeordnet und das Eisen befindet sich gewöhnlich gleichzeitig in zwei bis drei Kalibern.

Der gewalzte Drath wird beim Austritt aus dem letzten Kaliber auf einen eisernen Haspel gewickelt und dann vom anhaftenden Walzsinter durch Scheuern befreit.

Man bringt ihn zu letzterem Zwecke mit grobem Sande und Wasser zusammen in eine rotirende Tonne oder legt ihn auf die Polterbank (Polterwerk). Diese besteht aus einem nach Art der Schwanzhämmer *) bewegten doppelarmigen Hebel, welcher statt des Hammerkopfes einen nach oben stehenden Stift besitzt und auf einen unelastischen Körper (einen Block oder Stein) auffällt, während Wasser den abgelösten Walzsinter fortspült.

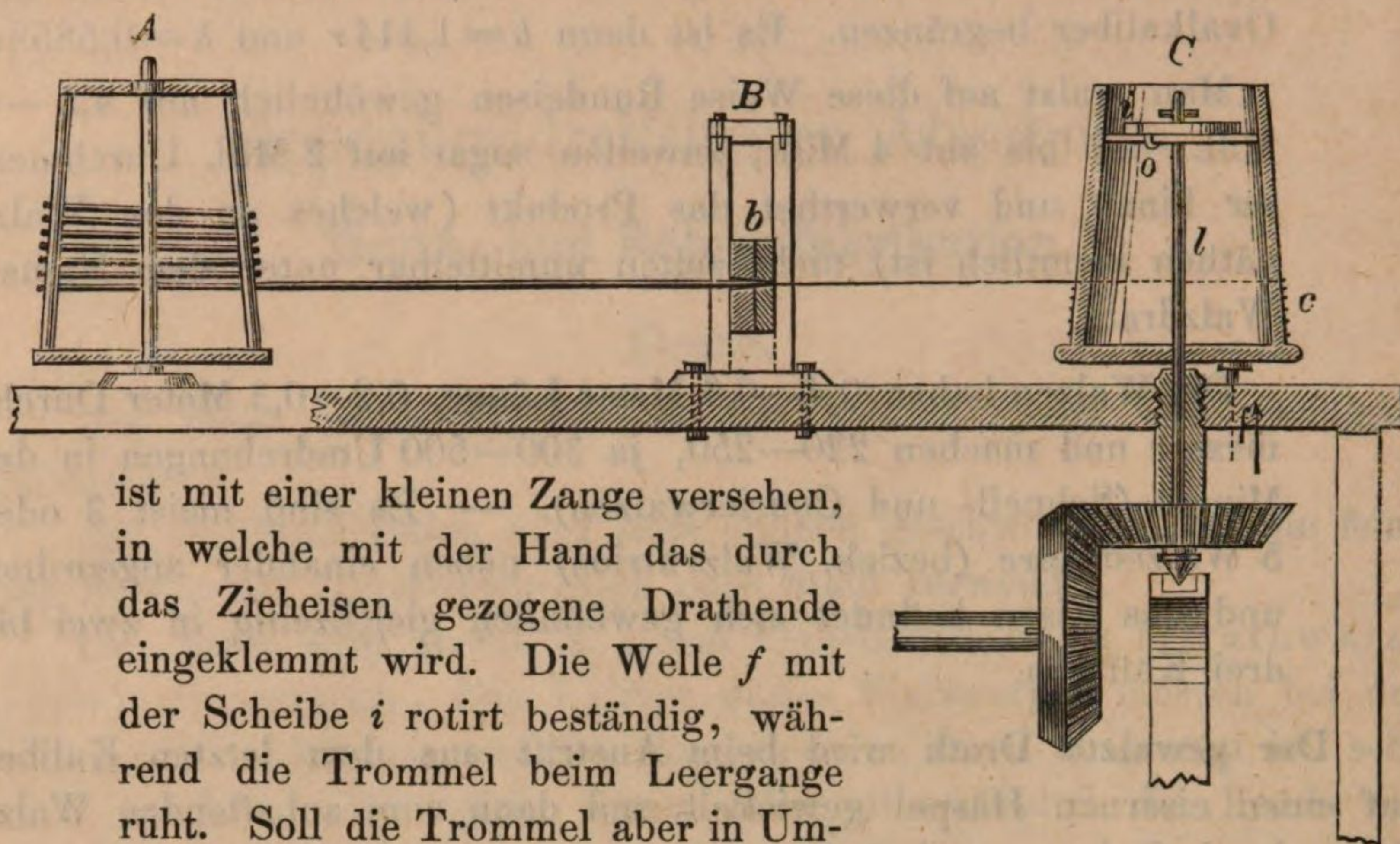
Zuweilen wird nach dem Poltern noch verdünnte Schwefelsäure zur Lösung des Oxydoxyduls angewendet.

Der gereinigte Drath wird auf der Ziehbank zu feineren Dimensionen ausgereckt. Eine Ziehbank besteht aus einer rotirenden Trommel, an welcher das eine Ende des Drathes befestigt wird, nachdem es angespitzt und durch das entsprechende Kaliber des Zieheisens, einer verstärkten Eisenplatte mit konischen Oeffnungen, geführt worden ist. Bei der Rotation der Trommel wird der Drath, welcher sich vom Haspel abwickelt, durch das Zieheisen gezogen, im Querschnitte auf den Durchmesser des Kalibers verringert und entsprechend in die Länge gestreckt.

Fig. 205 auf Seite 296 stellt einen Drathzug (Leierwerk) dar. Haspel-, Zieheisen- und Trommelvorrichtung sind mit *A*, *B* und *C* bezeichnet. Der Haspel, um welchen der gewalzte oder bereits gezogene Drath *a* spiralförmig gewickelt ist, dreht sich beim Ziehen ungehindert. Das Zieheisen *b* ist in einem Rahmen befestigt; der feiner schraffierte Theil besteht aus Stahl. Die Trommel

*) Vergl. Seite 224.

Fig. 205.



ist mit einer kleinen Zange versehen, in welche mit der Hand das durch das Zieheisen gezogene Drathende eingeklemmt wird. Die Welle *f* mit der Scheibe *i* rotirt beständig, während die Trommel beim Leergange ruht. Soll die Trommel aber in Umdrehung versetzt werden, so hebt man sie durch einen Fußtritt *f* in die Höhe; der Haken *o* greift ein und nimmt sie mit. Ist der Drath *c*, der sich spiralförmig aufwickelt, ganz durch das Zieheisen gegangen, so läßt die Spannung nach, die Trommel fällt herab, wird vom Haken *o* frei und kommt ohne Zuthun des Arbeiters in Ruhe.

Beim Ziehen wird in Folge der Verschiebung der Eisenkrystalle der Drath hart und spröde. Er muß daher von Zeit zu Zeit durch Glühen wieder geschmeidig gemacht werden.

Das Glühen geschieht in eisernen, von Außen durch Flammenfeuer, welches dieselben umspült, erhitzten Töpfen. Es erfolgt während des Ziehens bis zu 1 Millim. Stärke gewöhnlich nach jedem dritten Zuge; bei sehr starkem Eisen schon nach dem zweiten Zuge.

Beim Glühen wird der Drath, obwohl die Glühtöpfe luftdicht verdeckt sind, durch die mit eingeschlossene Luft an der Oberfläche oxydirt und muß vor erneutem Ziehen gereinigt werden. Das Oxyd-oxydul wird zu diesem Zwecke durch verdünnte Schwefelsäure abgebeizt, der Drath darauf auf dem Polterwerke gewaschen und zur Neutralisirung der Säurereste in Kalkmilch getaucht.

Vor dem letzten Zuge wird der Drath durch eine schwach saure Lauge von Kupfervitriol (5 Gew.-Theile Schwefelsäure, 3 Gew.-Theile Kupfervitriol und 150 Gew.-Theile Wasser) geleitet, wonach er eine blanke kupferfarbene Oberfläche erhält, oder durch Bierhefe, faulenden Urin und ähnliche Flüssigkeiten, welche man häufig mit einer Oelschicht bedeckt, wenn er die Eisenfarbe behalten soll. Oft auch läßt man

den Drath noch vor oder hinter dem Zieheisen über einen ölgetränkten Schwamm laufen.

Soll façonnirter Drath, d. h. Drath mit figurirtem Querschnitte (z. B. in Form von Getrieben für Uhrmacher, oder von dreikantiger Form) hergestellt werden, so erhalten die Kaliber des Zieheisens die entsprechende Form.

Der Abbrand beim Glühen beträgt jedesmal ca. $2\frac{0}{10}$. Aus 100 Kil. geschweißtem Eisen fertigt man 90—92 Kil. Walzdrath und aus 100 Kil. Walzdrath 85—90 Kil. gezogenen Drath. — Je feiner der Drath ist, um so weniger lassen sich die Enden wieder verwerthen; am besten noch bei der Flußstahlerzeugung.

Röhren. *)

Eiserne und stählerne Röhren werden meist aus einem Flachstabe hergestellt, welcher in Röhrenform gebogen, mit seinen Kanten zusammengeschweißt und dann wie Drath durch Kaliber gezogen wird. Röhren von großem Durchmesser werden gewalzt, Stahlröhren zuweilen gepreßt.

Gezogene Röhren. Ein Flachstab wird unter einer Presse in Halbkreisform gebogen, an einem Ende durch Hämmern um einen Dorn ganz geschlossen und dann durch ein Kaliber gezogen, welches ihm durchgehends die Röhrengestalt ertheilt. Diese Operationen geschehen im rothwarmen Zustande des Eisens.

Hierauf werden die Röhren in einem langen Schweißsofen erhitzt und mittelst einer an einer endlosen Kette hängenden Zange (Schleppzange) durch ein Kaliber gezogen, in welchem ein schwach konischer, an einer langen Stange befestigter Dorn frei liegt. Das Kaliber wird durch ein zangenartiges Instrument aus zwei Hälften gebildet. Vor jedem folgenden Zuge erhält das Rohr neue Hitze.

Die Schweißung der Kanten erfolgt theils stumpf, theils durch Ueberlappung. Um im letzteren Falle an der Schweißsnath keine zu starke Wandung zu erhalten, schrägt man die beiden Kanten vorher in entgegengesetztem Sinne durch eine Schabemaschine ab.

Gewalzte Röhren werden wie die gezogenen Röhren vorbereitet, dann aber unter Kalibern geschweißt, welche theils aus einem, theils aus zwei Walzenpaaren gebildet sind. Gewöhnlich wird auch hier ein Dorn angewendet, welcher wie bei den Zugkalibern aus einem kurzen, etwas konischen Stücke von dem inneren Durchmesser des Rohrs besteht und an einer langen dünnen Stange befestigt ist.

Das Pressen von Stahlröhren erfordert einen so bedeutenden Kraftaufwand, daß es bisher nur eine beschränkte Anwendung gefunden hat.

*) Karmarsch, Technologie I, Seite 227.

Man gießt den Stahl in die Form eines kurzen und dickwandigen Cylinders und preßt denselben dann mehrmals im heißen Zustande durch konische Kaliber von abnehmenden Querschnitten.

Vortheilhafter erscheint es, aus gegossenen Cylinderstücken Röhren in ähnlicher Weise über den Dorn auszuwalzen, wie dies bei der Schweissung von Röhren, die aus Flachstäben hergestellt sind, geschieht.

Achtunddreißigster Abschnitt.

E. Vervollkommnung des Schmiede Eisens und Stahls.

Verzinnung. *)

Weißblech nennt man jedes verzinnte Schwarzblech. Zur Weißblechfabrikation werden der Regel nach nur kleine und schwache Bleche von besonderer Zähigkeit verwendet.

Die Bleche **), welche durch Kaltwalzen vollständig glatt gemacht sind, werden in sorgfältig geschlossenen gußeisernen Töpfen ***) bei niedriger Temperatur geglüht, in verdünnter Schwefel- oder Salzsäure (16 bis 20 Maßth. Wasser auf 1 Maßth. Säure) vom Glühspan befreit, in reinem Wasser abgespült, mit Hanf und Sand abgerieben und an die Verzinnungsanstalt abgeliefert, welche aus einer Reihe eiserner Kästen (Töpfen, Pfannen) besteht, deren jeder seine eigene Feuerung hat. Sie gelangen hier zuerst in einen mit geschmolzenem Fett (Talg) gefüllten Kasten (den Vortopf), von dort einzeln in den Zinntopf, welcher mit geschmolzenem, mit einer Fettschicht bedecktem Zinn versehen ist. Die hier schon mit einer anhaftenden Zinnschicht †) bekleideten Bleche werden nun in den Waschtopf gebracht, welcher mit besserem Zinn gefüllt ist, und erlangen hier die die Oberfläche bildende Zinnschicht. Sodann wird jede Platte auf beiden Seiten mit einer fettigen Hanfbürste abgerieben, langsam durch eine kleine Abtheilung des Waschtopfes, welche das frischeste und reinste Zinn enthält, gezogen und nun in den Fetttopf gebracht, welcher mit einer geschmolzenen Mischung von Talg und Palmöl, oder letzterem allein gefüllt ist. Die Temperatur dieses Topfes ist sehr genau abgestimmt und hier wird das überschüssige Zinn von dem Bleche abgeschmolzen. Das Blech wird nun im Kalttopf aufgestellt, wo es langsam unter Zutritt der Luft abkühlt. Hierbei sammelt sich am unteren Rande

*) Percy-Wedding, Eisenhüttenk., Abth. III. **) Vergl. S. 274. ***) Vergl. S. 269.

†) Vergl. Seite 10.

des Bleches ein Saum. Um diesen zu entfernen, taucht man den Rand in ein flaches Gefäß mit flüssigem Zinn, den Saumtopf, und zieht das Blech aus diesem diagonal heraus. Der letzte Tropfen wird durch eine kurze Erschütterung abgeworfen. Schliesslich wird das Weissblech mit Kleie abgerieben.

Man braucht für 100 Kil. Weissblech 7,3 — 7,6 Kil. Zinn. — Zuweilen nimmt man mit Blei versetztes Zinn, z. Th. nur Blei, doch sind derartige Bleche ziemlich werthlos.

Verzinkung. *)

Die Verzinkung von Blech und Drath (auch Galvanisirung genannt) wird an Stelle der Verzinnung zum Schutze des Eisens vor Rost ausgeführt, wenn die Waare billiger sein soll als Weissblech.

Verzinktes Eisen rostet, wenn der Ueberzug unganzz wird, weniger als verzinntes, weil bei ersterem das Eisen die negative, bei letzterem die positive Rolle eines galvanischen Stromes übernimmt.

Die Eisengegenstände, welche verzinkt werden sollen, werden mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure gebeizt, mit Sand gescheuert und abgebürstet, dann entweder zuvörderst in eine zinkische Salmiaklösung getaucht und getrocknet oder unmittelbar in ein Zinkbad gebracht, welches mit einer Salmiakschicht bedeckt ist.

Bleche führt man durch das Zinkbad unter einer Scheidewand fort. Auf der einen Seite ist das Zink mit Fett oder Salmiak bedeckt, auf der anderen mit Sand. — Auch lässt man das Blech durch Walzen gehen, welche in dem Zinkbade waten.

Drath führt man in gleicher Weise durch das Bad, lässt ihn aber beim Verlassen des Zinkes durch ein Zieheisen laufen, welches das überschüssige Zink abstreift.

Oft wird sowohl Blech, als Drath im warmen Zustande eingetaucht.

Nägel und andere kleine Gegenstände wirft man in ein Zinkbad, hebt sie mit Schaumlöffeln heraus und schmilzt das überflüssige Zink in einem Flammofen ab.

Härten und Anlassen des Stahls.

Stahl, welcher glühend gemacht rasch abgekühlt wird, erhält eine sehr große Härte **), Elasticität und Sprödigkeit (Glashärte). Wird gehärteter Stahl wieder erhitzt und langsam abgekühlt, so erlangt er eine Härte, welche zwischen der Glashärte und der ursprünglichen

*) Karmarsch, Technologie, Seite 458.

**) Vergl. Seite 4.

(natürlichen) Härte des Stahls liegt und deren Grad von Dauer und Temperatur der Erhitzung abhängt.

Durch das Härten nimmt der Stahl ein feineres Korn und ein geringeres spezifisches Gewicht an. — Geschieht das Abkühlen bei einer Temperatur, bei welcher der Stahl noch nicht glüht, so wird er nicht härter, sondern weicher; geschieht die Abkühlung bei Schweißhitze, so wird er grobkörnig (überhitzt, verbrannt).

Gehärteter Stahl enthält nur chemisch gebundenen Kohlenstoff, während im ungehärteten Stahle sich ein Theil des Kohlenstoffs als Graphit befindet.

Die Erhitzung des Stahls, welcher gehärtet werden soll, wird der Regel nach in einem mit Gebläse versehenen und bedeckten Holzkohlenfeuer ausgeführt.

Steinkohlen und Koks vermeidet man namentlich der Schlackenbildung wegen. — Selten wird zur Erhitzung ein Bad von geschmolzenem Metall (Blei, Zinn oder Legirungen beider), von Oel oder von geschmolzenen Salzen (Soda, Kochsalz, Chlorzink) angewendet.

Der Stahl ist bei der Erhitzung möglichst von der Luft abzuschließen. Daher wendet man eine reduzierende (Kohlenoxyd-) Atmosphäre an.

Der erhitzte Stahl wird der Regel nach durch plötzliche Abkühlung in Wasser (Härtewasser) gehärtet.

Die Härtung wird um so höher, je kälter das Wasser ist und je mehr es die Wärme leitet. Daher ist ein mit etwas Schwefelsäure (2—4 Gew.-Proc.) oder Salmiak versetztes Wasser stärker härtend als reines Wasser, Brunnenwasser mehr als Flußwasser. Seifenwasser und kochendes Wasser härten nicht. — Oel härtet weniger als Wasser, Quecksilber stärker.

Die Härtung muß sehr gleichmäfsig geschehen, wenn der Stahl nicht Formveränderungen erleiden und Risse (Hartborsten) erhalten soll.

Die Bildung von Glühspan beim Härten vermeidet man durch Ueberzüge von Mehl oder Salz.

Jeder Stahl wird durch das Härten zuvörderst auf einen zu hohen Härtegrad gebracht, welcher durch Anlassen erst wieder auf das richtige Maß zurückgeführt werden muß.

Das Anlassen (Nachlassen) geschieht in eisernen Gefäfsen (Muffeln oder Trommeln) mit äußerer Erhitzung, oder auf einem Sandbade.

Man erkennt die Temperatur und damit den Grad der Härte an der Anlauffarbe des vor dem Anlassen blank gemachten Stahlstücks.

Die Farben sind bei:	Der Stahl ist geeignet für:
221 ⁰ Blafsgelb	Lanzetten.
232 ⁰ Hellstrohgelb	Chirurgische Instrumente.
243 ⁰ Strohgelb	Rasirmesser, Federmesser.
254 ⁰ Braun	Scheeren, Kaltmeißel.
265 ⁰ Braun mit Purpurflecken . .	Aexte, Hobeisen, Brotmesser.
277 ⁰ Purpur	Tischmesser.
288 ⁰ Hellblau	Säbelklingen, Uhrfedern.
293 ⁰ Kornblau	Feine Sägen, Rapiere.
316 ⁰ Dunkelblau	Handsägen.

Je niedriger die Temperatur des Anlassens ist, um so härter bleibt der Stahl.

Um sich unabhängig von der Beurtheilung der Farbe zu machen, wendet man zuweilen auch Flüssigkeiten von bestimmter Temperatur an, in welche der anzulassende Stahl getaucht wird.

Hierhin gehören Bäder von Oel, Talg oder geschmolzenen Metallen (Blei, Zinn und Legirungen beider).

Aetzung (Damascirung) und Brünirung.

Den ächten oder den künstlich durch Zusammenschweißen von verschiedenartigem Eisen und Stahl erhaltenen Damaststahl äzt man.

Das Metallstück wird mit Kalk und Spiritus abgerieben und dann den Dämpfen von Salzsäure ausgesetzt, welche die kohlenstoffreicheren Theile weniger angreifen als die kohlenstoffärmeren und letztere daher als erhabene Linien oder Flächen hervortreten lassen.

Sollen einzelne Theile ungeätzt bleiben, so überzieht man sie vor der Einwirkung der Säuredämpfe mit Firniß oder verdicktem Terpentinöl. — Dies Verfahren wird besonders für Säbelklingen von gleichartigem Stahle benutzt.

Das Brüniren *) besteht in der Erzeugung eines dünnen Rostüberzuges auf blankem Eisen. Man benutzt zur Erzeugung des Rostes Chlorantimon (Spießglanzbutter), welches mit Baumöl versetzt auf das erwärmte Eisen gestrichen wird und einige Tage der offenen Luft ausgesetzt bleibt. Das Eisen wird, nachdem es sich mit einer Oxydschicht überzogen hat, abgewaschen und polirt oder mit Wachs abgerieben.

Statt des Chlorantimons braucht man auch verdünnte Salpetersäure, Höllensteinlösung, Kupfervitriol oder Eisenvitriol, Eisenchlorid oder Quecksilbersublimat.

*) Karmarsch, Technologie I, Seite 490.



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Metallurgische Chemie des Eisens	3
Reines Eisen	3
Eisen und Kohlenstoff	3
Kohlenstoffhaltiges Eisen und Mangan	6
" " " Silicium	7
" " " Phosphor	8
Eisen und Schwefel	8
" " Arsen	9
Kohlenstoffhaltiges Eisen und Kupfer	9
Eisen und Nickel	9
Kohlenstoffhaltiges Eisen und Zinn, Wolfram, Titan und Chrom	9
Eisen und Zink, Eisen und Blei	10
Unwichtige Verbindungen des kohlenstoffhaltigen Eisens mit Metallen	10
Eisen und Stickstoff	10
Eisen und Sauerstoff	11
Oxydationsstufen des Eisens	11
Einwirkung der Atmosphäre und des Wassers	11
Oxydation von Roheisen im geschmolzenen Zustande	12
Oxydation des kohlenstoffhaltigen Eisens in der Glühhitze	13
Reduktion des oxydirten Eisens und Aufnahme fremder Körper bei der Reduktion	14
Krystallisation des Eisens	16
Schmelzpunkt, spezifisches Gewicht, absolute Festigkeit	18
Die Eisenerze	19
Magnetisenerz	20
Rotheisenerz	21
Brauneisenerz	22
Spath-, Thon- und Kohlen-Eisenerze	24
Spatheisenstein	24
Thon- und Kohleneisenstein	25

	Seite
Die Brennmaterialien	26
Das Holz	27
Zusammensetzung	27
Fällen, Trocknen und Darren	28
Verkohlung	29
Meilerverkohlung	30
Retortenverkohlung	33
Vergasung	34
Fossile Brennmaterialien	34
Torf	35
Vorkommen und Zusammensetzung	35
Gewinnung, Trocknen und Darren	36
Verkohlung	36
Vergasung	36
Braunkohle	36
Vorkommen und Zusammensetzung	36
Gewinnung und Pressung	37
Verkohlung und Vergasung	37
Steinkohle	38
Vorkommen und Zusammensetzung	38
Gewinnung, Lagerung und Aufbereitung	39
Verkokung	40
Verkokung unter Zutritt der Luft	41
In Haufen	41
In Stadelöfen	42
In geschlossenen Oefen	43
Verkokung ohne Luftzutritt	43
In Oefen mit horizontaler Hauptaxe	44
" " " vertikaler "	48
Vergasung	49
Die atmosphärische Luft und die Verbrennung mittelst derselben	49
Eigenschaften der atmosphärischen Luft	50
Die Verbrennung	50
Der Heizeffekt	51
Praktische Arten der Verbrennung	53
Essen und Gebläse	53
Vorwärmung	55
Die Arten der Eisenerzeugung	56

I. Roheisenerzeugung.

Der Hochofen	58
Der innere Ofenraum oder Ofenschacht	58
Der Kernschacht	60
Der Rauhschacht	61
Bau des Hochofens	64

	Seite
Der Wind	66
Gebläsemaschinen	66
Cylindergebläse	66
Kastengebläse	71
Regulatoren	72
Windleitung	74
Winderhitzung	74
Röhrenapparate	74
Regeneratorapparate	81
Windvertheilung	84
Die Formen	85
Apparate zum Messen von Druck und Wärme des Windes	87
Berechnung der Windmenge	88
Wirkungsweise des Windes im Hochofen	90
Die Gase des Hochofens	91
Zusammensetzung der Gase	91
Anwendung von Gas-Analysen	93
Temperatur und Spannung der Gase	95
Entziehung und Anwendung der Gichtgase	95
Gaswege und Gasfänge	96
Leitung, Reinigung und Verbrennung der Gase	100
Vorbereitung der Erze	102
Röstung	103
Röstung in Haufen	104
„ „ Stadeln	105
„ „ Oefen	105
Verwittern und Auslaugen	112
Mechanische Aufbereitung	112
Die Zuschläge	117
Arten der Zuschläge	120
Kalk und Magnesia zuführende Zuschläge	120
Kieselsäure und Thonerde zuführende Zuschläge	121
Zuschläge, welche nur die Schlackenmenge vermehren	122
Zuschläge, welche zur wesentlichen Aenderung des Schlacken- schmelzpunktes dienen	122
Einfluß der Gangarten und Zuschl. auf die Beschaffenheit des Roheisens	122
Einfluß des Mangans	123
„ „ Siliciums	123
„ „ Schwefels	124
„ „ Phosphors	124
Hochofenbeschickung	125
Die Gichtaufzüge	125
Förderung durch Dampfmaschine oder Wasserrad am Seile	125
Förderung mit Kette ohne Ende	127
Wassertonnenaufzüge	127
Wassersäulenaufzüge	128
Pneumatische Aufzüge	129

	Seite
Das Begichten des Hochofens	129
Niedergang der festen Materialien	131
Anordnung der Materialien	131
Veränderung der Erze	132
„ „ Zuschläge	133
„ „ Brennmaterialien	134
Einfluß der Form des Hochofens auf die Veränd. der festen Substanzen	135
Wärmeverbrauch	137
Die Produkte des Hochofens	140
Die Schlacke	140
Das Roheisen	141
Nebenprodukte	143
Beginn und Unterbrechung des Hochofenbetriebes	144
Gießerei	146
Das Umschmelzen des Roheisens	147
Förmerei	153
Sandförmerei	153
Masseförmerei	157
Lehmförmerei	157
Eiserne Formen	157
Das Gießen	158
Bearbeitung der Gußwaaren	158

II. Darstellung von schmiedbarem Eisen.

Die Arbeiten zur Darstellung schmiedbaren Eisens	160
A. Die Rennarbeit	162
Aeltere Rennarbeiten	163
Rennen im Heerde	163
Rennen im Schachtofen	167
Neuere Rennarbeiten	168
B. Das Frischen	170
Vorbereitung des Roheisens zum Frischen	174
Abschrecken	174
Glühen oder Braten	174
Feinen und Läutern	174
1. Das Heerdfrischen	179
Schmiedeisenerzeugung	182
Dreimalschmelzerei	182
Zweimalschmelzerei	184
Einmalschmelzerei	185
Stahlerzeugung	186
Zweimalschmelzerei	187
Einmalschmelzerei	188

	Seite
2. Das Puddeln	189
Der Puddelofen	190
Der Puddelprozeß	200
Puddeln auf Sehne	200
Puddeln auf Korn	203
Mechanische Puddler	205
Verwerthung der Puddelofenschlacke	207
3. Das Bessemern	208
Die Bessemeranlage nebst Zubehör	209
Die Umschmelzöfen	209
Die Birne	210
Der schwedische Ofen	212
Die Gießspanne	212
Das Gebläse	214
Der Bessemer-Prozeß	215
4. Das Frischen mit sauerstoffhaltigen Körpern außer Luft	218
5. Die Erzhahlerzeugung	220
Reinigung des Eisens von Phosphor und Schwefel	221
Zängen und Dichten	222
Hämmer	223
Stilhämmer	224
Rammen oder Rahmenhämmer	226
Der Ambos	230
Das Zängen unter dem Hammer	232
Quetschen	233
6. Darstellung schmiedbaren Gufseisens	236
C. Das Stahlkohlen	238
1. Flußstahl-Erzeugung	239
Tiegel-Flußstahl	239
Bessemer-Flußstahl	240
Flammofen-Flußstahl	242
2. Kohlenstahl	246
Damaststahl	246
Cupolofenstahl	247
3. Cementstahl	247
Oberflächenhärtung	250
D. Reinigung, Verbesserung und Formgebung	251
1. Gufstahl-Erzeugung	252
Das Gießen	256
2. Das Schweißen	257
Die Walzwerke	262
Blechfabrikation	268
Schwarzblech	273
Kesselblech	274
Panzerplatten	274
Das Beschneiden der Bleche	275

	Seite
Stabeisenfabrikation	278
Rohschienen	278
Grobeisen	281
Feineisen	284
Façoneisen	284
Das Fertigstellen des Stabeisens	290
Besondere Stabeisenarten	291
Endloses Stabeisen	292
Drath- und Röhrenfabrikation	294
Drath	294
Röhren	297
E. Vervollkommnung des Schmiedeisens und Stahls	298
Verzinnung	298
Verzinkung	299
Härten und Anlassen des Stahls	300
Aetzung und Brünirung	301

Berichtigungen.

Seite 81 fehlt über Zeile 21 von unten die Ueberschrift: Regeneratorapparate.

„ 143 Zeile 8 von unten lies des letzteren statt der ersteren.

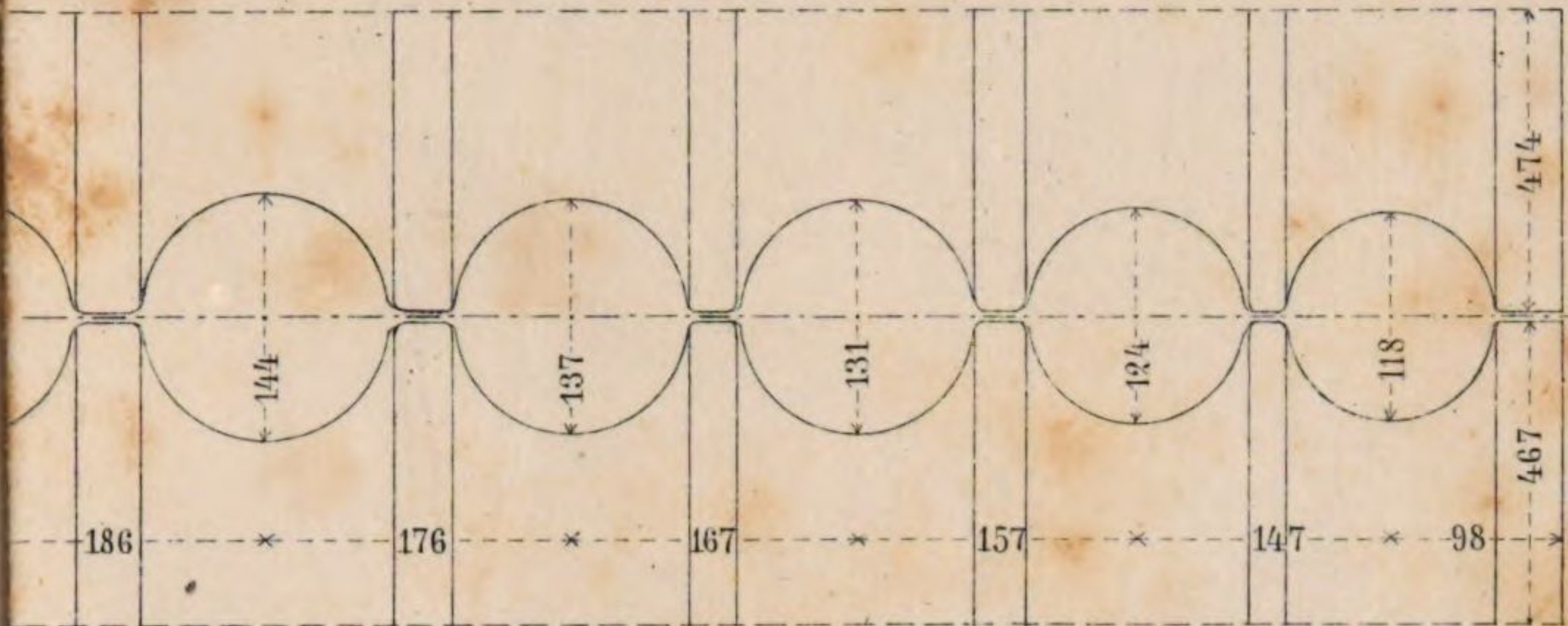
„ 161 „ 4 „ „ „ Kohlenstahl „ Kohlungsstahl.

„ 167 „ 5 und 6 von oben lies den statt der.

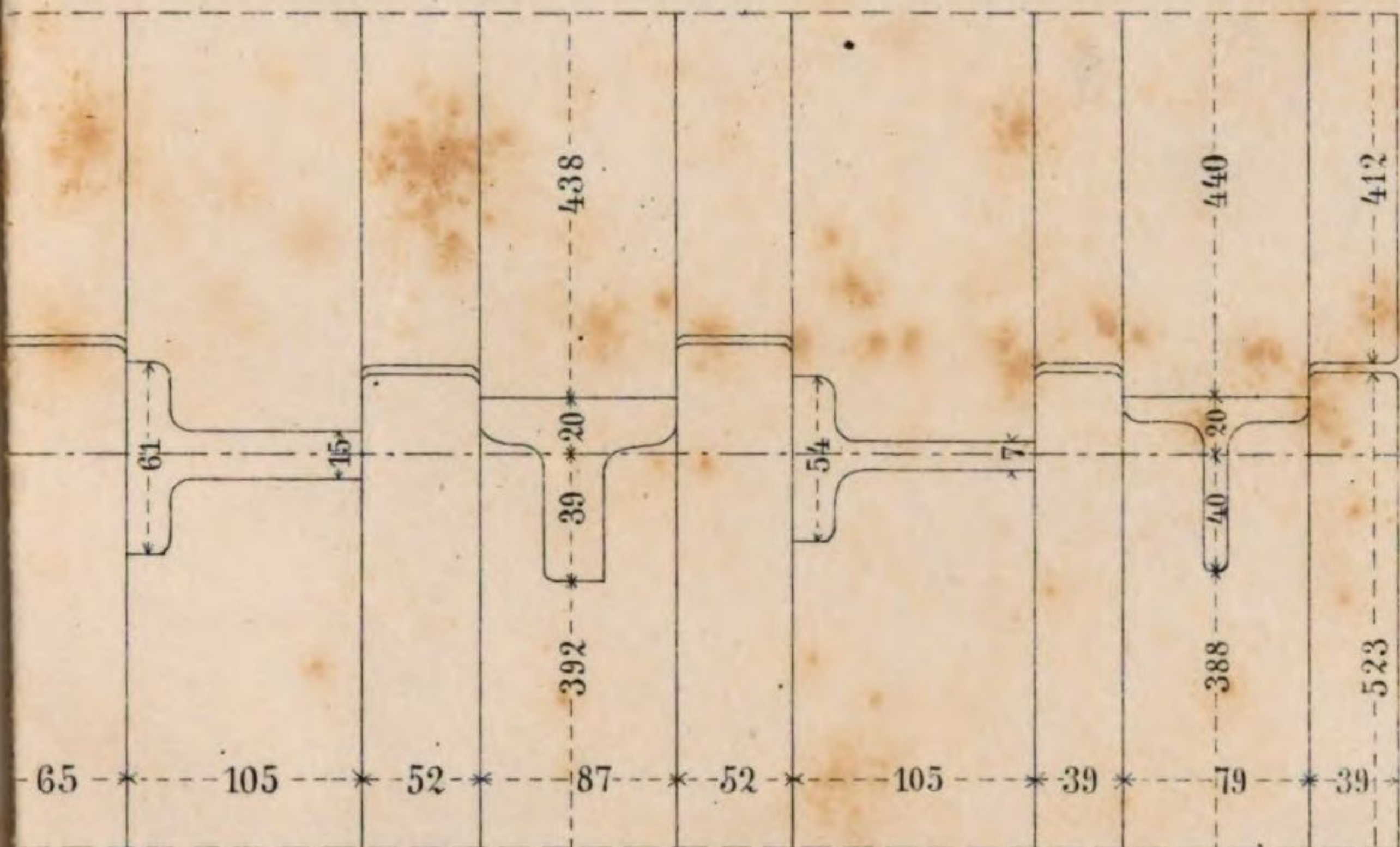
„ 273 „ 6 von oben lies liegender statt liegenden.

„ 292 „ 5 „ „ „ Durchmesser statt Querschnitte.

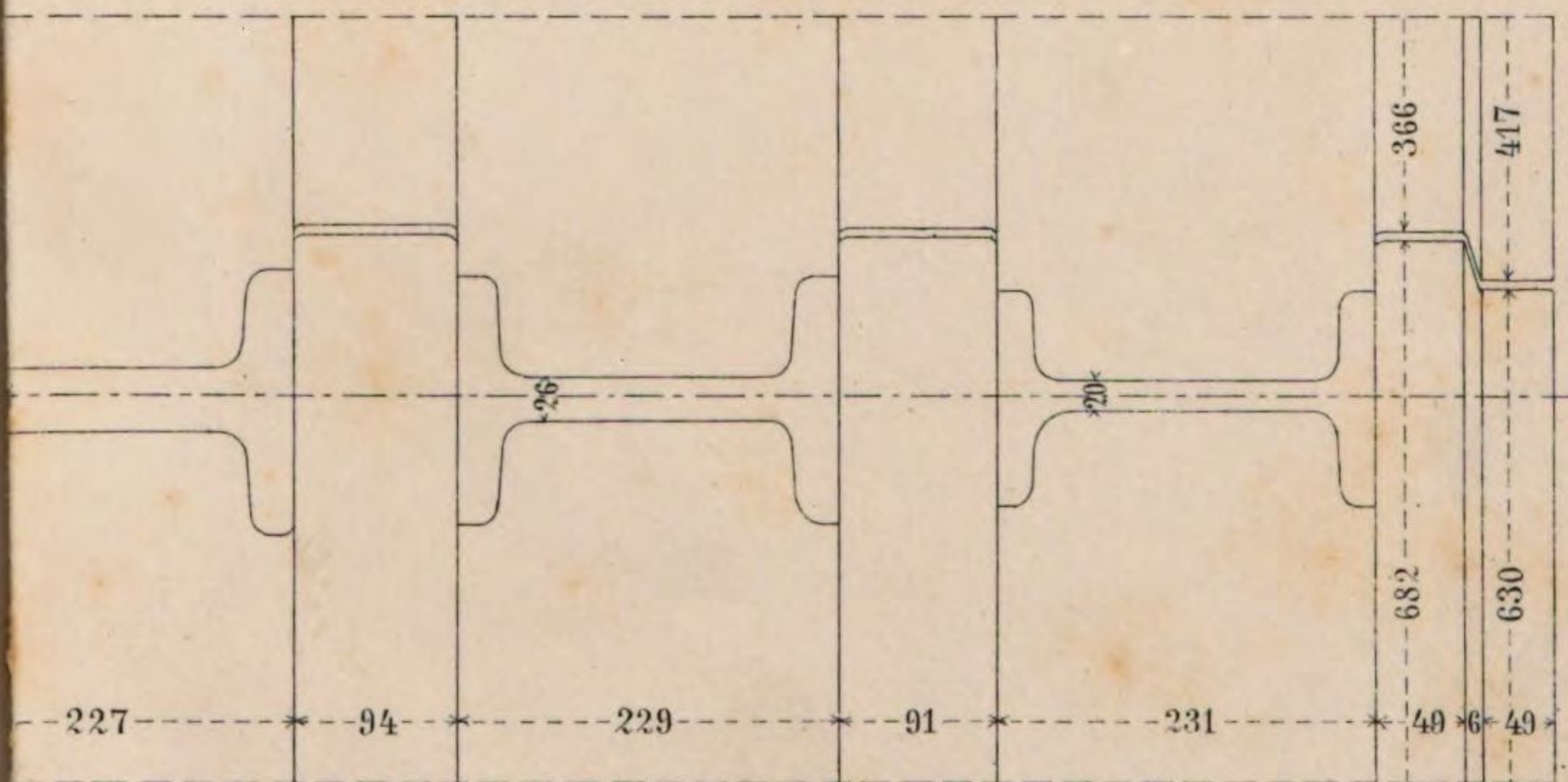
4. Rundeisen-Walzen.

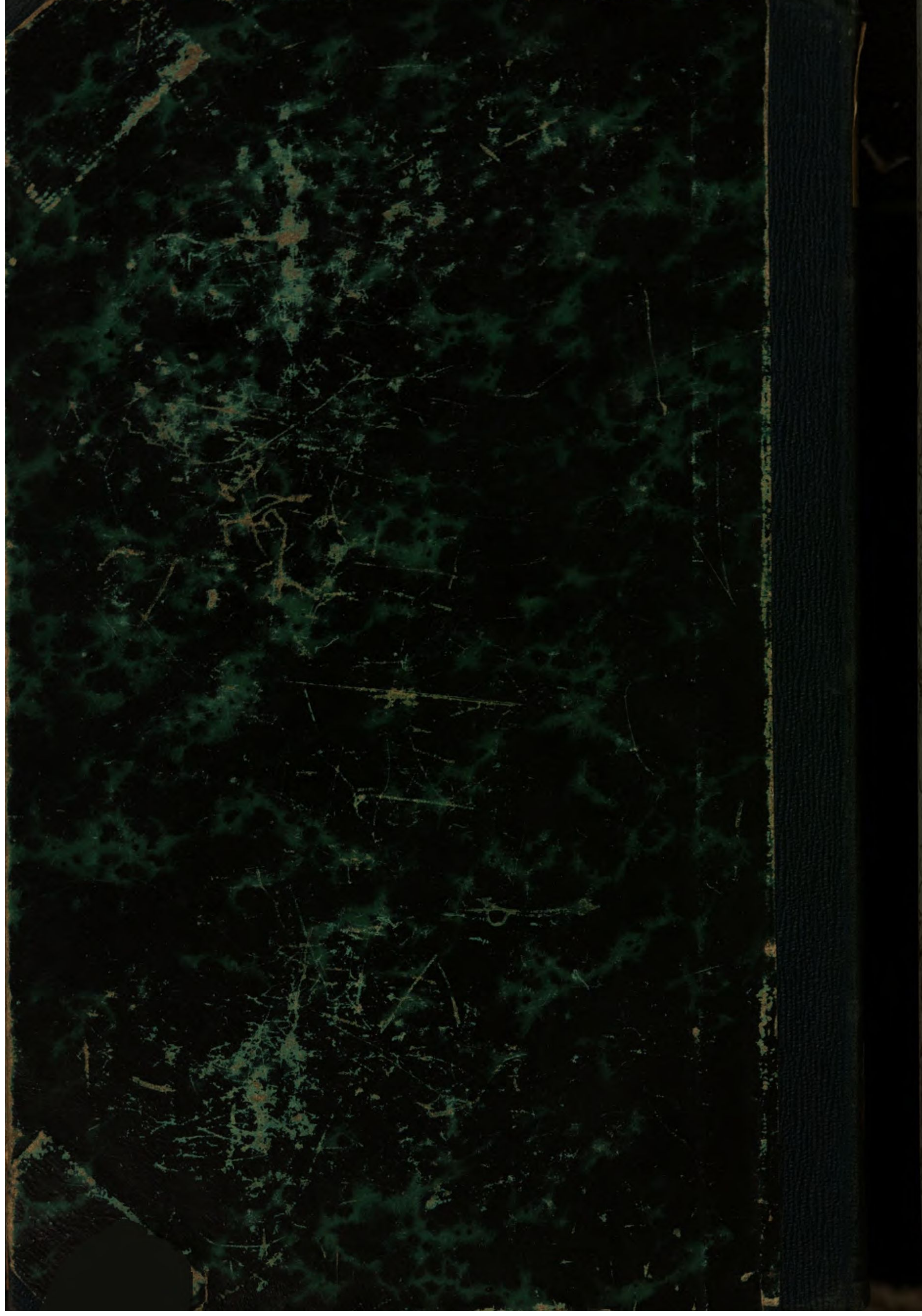


5. T-Eisen-Walzen.



el-T-Eisen-Walzen.





Wedding, Hermann,

Grundriss der Eisenhüttenkunde

Berlin 1871

Metall. 119 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11011488-9